

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

---

Année 1955

438<sup>1°</sup>

T H E S E  
pour le  
DOCTORAT EN MEDECINE  
(Diplôme d'Etat)  
par

Maurice MAISONNET

né le 19 Mai 1926 à Magnac-Laval (Haute-Vienne)

Présentée et soutenue publiquement le Mai 1955

---

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES GERMES DE L'AIR  
DESCRIPTION ET EXPERIMENTATION D'UN NOUVEL APPAREIL  
PERMETTANT L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DE L'AIR

---

Président: M. C. JOANNON, Professeur.

---



FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

---

Année 1955

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Maurice MAISONNET

né le 19 Mai 1926 à Magnac-Laval (Haute-Vienne)

Présentée et soutenue publiquement le      Mai 1955

---

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES GERMES DE L'AIR

DESCRIPTION ET EXPERIMENTATION D'UN NOUVEL APPAREIL

PERMETTANT L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DE L'AIR

---

Président: M. C. JOANNON, Professeur.

---

STATE OF NEW YORK

1887

OF THE

SENATE

(Continued)

1887

SENATE

(Continued)

SENATE



STATE OF NEW YORK

SENATE

SENATE

SENATE

## FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Doyen Honoraire: M. BAUDOUIN

## Professeurs honoraires:

M.M. BAUDOUIN, BRINDEAU, CADENAT, CARNOT, CHABROL, CHEVASSU, CHIRAY, CLERC, DELBET, GOUGEROT (H.), GUILLAIN, HARVIER, LAUBRY, LEMAITRE, LEMIERRE, LHERMITTE, LIAN, LOEPER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT, MULON, OLIVIER (E.), OMBREDANNE, SANNIE, SEZARY, TANON.

Doyen..... Léon BINET, Membre de l'Institut

Assesseur..... Jean VERNE.

## I - Professeurs

|                                                      |                  |                            |
|------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|
| Anatomie.....                                        | M.M.             | CORDIER (G.)               |
| Anatomie pathologique.....                           |                  | DELARUE (A.)               |
| Bactériologie.....                                   |                  | GASTINEL (P.)              |
| Biologie appliquée à l'Education Physique et Sports  |                  | CHAILLEY-BERT (P.)         |
| Biologie médicale.....                               |                  | VERNE (J.)                 |
| Cancérologie médicale et sociale.....                |                  | HUGUENIN (R.)              |
| Carcinologie.....                                    |                  | OBERLING (C.)              |
| Chimie médicale.....                                 | N...             |                            |
|                                                      | ( Hôtel-Dieu.... | BROCQ (P.)                 |
|                                                      | ( Broussais...Do | GAUDART d'ALLAINES F.      |
| Cliniques chirurgicales.....                         | ( Salpêtrière... | MONDOR (H.)                |
|                                                      | ( Cochin.....    | QUENU (J.)                 |
| Clinique chirurgicale réparatrice et orthopédique..  |                  | MERLE d'AUBIGNE R.         |
| Clinique de cardiologie.....                         |                  | DONZELOT (E.)              |
| Clinique de chirurgie infantile et d'orthopédie....  |                  | FEVRE (M.)                 |
| Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire.....         |                  | MONOD (R.)                 |
| Clinique de la tuberculose.....                      |                  | BERNARD (E.)               |
| Clinique de neuro-chirurgie.....                     |                  | PETIT-DUTAILLIS D.         |
| Clinique de puériculture.....                        |                  | LELONG (M.)                |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques...   |                  | DEGOS (R.)                 |
| Clinique des maladies du sang.....                   |                  | CHEVALLIER (P.)            |
| Clinique des maladies du système nerveux.....        |                  | ALAJOUANINE (T.)           |
| Clinique des maladies des enfants.....               |                  | DEBRE (R.)                 |
| Clinique des maladies infectieuses.....              |                  | MOLLARET (P.)              |
| Clinique des maladies mentales et de l'encéphale...  |                  | DELAY (J.)                 |
| Clinique gynécologique.....                          |                  | FUNCK-BRENTANO (P.)        |
|                                                      | ( Hôtel-Dieu.... | BENARD (H.)                |
|                                                      | ( Bichat.....    | LAROCHE (G.)               |
| Cliniques médicales.....                             | ( Cochin.....    | MOREAU (R.)                |
|                                                      | ( Broussais..... | DE GENNES (L.)             |
| Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique |                  | JUSTIN-BESANCON (L.)       |
| Clinique médicale propédeutique.....                 |                  | PASTEUR VALLERY-RADOT (I.) |

Digitized by the Internet Archive  
in 2026

|                                                                                              |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Clinique médico-sociale du diabète sucré et des<br>maladies de la nutrition....              | BOULIN (R.)      |
| (Tarnier.....)                                                                               | LANTUEJOUL (P.)  |
| Cliniques obstétricales.....                                                                 | LEVY-SOLAL (E.)  |
| (Baudelocque.....)                                                                           | LACOMME (M.)     |
| (Port-Royal.....)                                                                            | VELTER (E.)      |
| Clinique ophtalmologique.....                                                                | AUBIN (A.)       |
| Clinique oto-rhino-laryngologique.....                                                       |                  |
| Clinique physio-pathologique des problèmes ali-<br>mentaires (chaire à titre personnel)..... | RICHET (C.)      |
| Clinique psychiatrique infantile.....                                                        | HEUYER (C.)      |
| Clinique rhumatologique et sociale.....                                                      | COSTE (F.)       |
| Clinique stomatologique.....                                                                 | DECHAUME (M.)    |
| Clinique thérapeutique chirurgicale.....                                                     | SENEQUE (J.)     |
| Clinique thérapeutique médicale.....                                                         | LEMAIRE (A.)     |
| Clinique urologique.....                                                                     | FEY (B.)         |
| Embryologie.....                                                                             | GIROUD (A.)      |
| Génétique.....                                                                               | LAMY (M.)        |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie.....                                              | MOUQUIN (M.)     |
| Histologie.....                                                                              | CHAMPY (C.)      |
| Hygiène et clinique de la première enfance.....                                              | CATHALA (J.)     |
| Hygiène et médecine préventive.....                                                          | JOANNON (C.)     |
| Médecine du Travail.....                                                                     | DESOILLE (H.)    |
| Médecine légale.....                                                                         | PIEDELIEVRE (R.) |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale.....                                            | GALLIARD (H.)    |
| Pathologie chirurgicale.....                                                                 | MENEGAUX (G.)    |
| Pathologie exotique.....                                                                     | LAVIER (G.)      |
| Pathologie expérimentale et comparée.....                                                    | LENEGRE (J.)     |
| Pathologie humorale et immunologie expérimentale<br>(chaire à titre personnel).....          | MERKLEN (F.-P.)  |
| Pathologie médicale.....                                                                     | BARIETY (M.)     |
| Pathologie et thérapeutique générales.....                                                   | GARCIN (J.)      |
| Pédiatrie sociale.....                                                                       | MARIE (J.)       |
| Pharmacologie et matière médicale.....                                                       | HAZARD (R.)      |
| Physico-chimie médicale (Chaire à titre personnel)..                                         | DOGNON (A.)      |
| Physiologie.....                                                                             | BINET (L.)       |
| Physique médicale.....                                                                       | STROHL (A.)      |
| Radiologie médicale.....                                                                     | DESGREZ (H.)     |
| Technique chirurgicale.....                                                                  | MOULONGUET (P.)  |
| Thérapeutique.....                                                                           | TURPIN (R.)      |

## II - Professeurs sans chaire Maîtres de Conférences-Agrégés et Agrégés

|                         |                    |                   |                 |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
|                         | M.M.               |                   | M.M.            |
|                         | ( DEBEYRE (J.)     | Bactériologie...  | ( PASQUELLE R.  |
| Anatomie.....           | ( DELMAS (A.)      |                   | ( NEVOT (A.)    |
|                         | pr. s. ch.         | Biologie médic.,  | BOURLIERE F.    |
|                         | ( N....            |                   | ( ETTORI J.     |
|                         | ( GAUTHIER-VILLARS |                   | ( Pr. s. ch.    |
| Anatomie pathologique.. | ( Mlle P. Pr.s.ch. | Chimie médicale.. | ( JAYLE (M.F.)  |
|                         | ( BUSSET (F.)      |                   | ( Pr. s. ch.    |
|                         | ( GOUYGOU (C.)     |                   | ( SCHAPIRA (G.) |



Dermato-Syphiligraphie.. DUPERRAT (F.)  
 Histologie.....( BULLIARD H.Pr.s. ch.  
 ( COUJARD (R.)  
 ( N....  
 Hydrologie..... DEBRAY (C.)  
 Hygiène.....( BOYER (J.)  
 ( DEPARIS (M.)  
 Médecine légale et du ( DEROBERT (L.)  
 travail.....( GAULTIER (M.)  
 ( HADENGUE (A.)  
 Neurochirurgie..... DAVID (M.)  
 Neurologie..... SEZE (S. do)  
 ( GRASSET (J.)  
 ( LEPAGE (F.)  
 ( MA-YER (M.)  
 Obstétrique.....( MERGER (R.)  
 ( MORIN (P.)  
 ( RAVINA (J.)  
 ( VARANGOT (J.)  
 Ophtalmologie.....( OFFRET (G.)  
 ( DESVIGNES (P.)  
 Orthopédie.....( JUDET (R.)  
 ( HALPHEN (E.) Pr.s.ch.  
 Oto-rhino-laryngologie.( AUBRY (M.)  
 ( MADURO (R.)  
 Parasitologie.....( BRUMPT (L.)  
 ( CHABAUD (A.)  
 Pathologie chirurgicale( ABOULKER (P.)  
 ( BAUMANN (J.)  
 ( GOSSET (J.)  
 ( HUGUIER (J.)  
 ( LAURENCE (G.)  
 ( LEGER (L.)  
 ( LORTAT-JACOB (J.)  
 Pathologie chirurgicale( OLIVIER (Cl.)  
 ( PADOVANI (P.)  
 ( POILLEUX (M.)  
 ( ROUX (M.)  
 ( RUDLER (J.-C.)  
 ( VERNE (J.-M.)  
 Pathologie expérimentale N...

( BERNARD (J.)  
 ( BOUDIN (G.)  
 ( CASTAIGNE (P.)  
 ( CONTE (M.)  
 ( DECOURT (J.)  
 ( DOMART (A.)  
 ( DREYFUS (Gilb.)  
 Pathologie ( FAUVERT (R.)  
 médicale.....( HAMBURGER (J.)  
 ( KOURILSKY (R.)  
 ( LANOTTE (M.)  
 ( LAROCHE (C.)  
 ( MILLIEZ (P.)  
 ( PEQUIGNOT (H.)  
 ( PERRAULT (M.)  
 ( RAMBERT (P.)  
 ( THIEFFRY (St.)  
 ( TURLIAT (J.)  
 ( JOSEPH (R.)  
 Pédiatrie.....( LAPLANE (R.)  
 ( N....  
 ( LEVY (Mlle)  
 ( Pr. s. ch.  
 Pharmacologie.( CHEYMOL (J.H.)  
 ( Pr. s. ch.  
 ( BARGETON (D.)  
 Physiologie...( Pr. s. ch.  
 ( PARROT (J.L.)  
 ( DJOURNO (A.)  
 Physique ( Pr. s. ch.  
 médicale.....( GOUGEROT (L.)  
 Pneumo-  
 phtisiologie... KREIS (B.)  
 Psychiatrie.... BARUK (H.)  
 Psychiatrie  
 infantile..... MICHAUX (L.)  
 Stomatologie ( CERNEA (P.)  
 ( CHAPUT (Mme A.)  
 Thérapeutique.. PERRAULT  
 Chargé de l'Enseignement  
 Urologie..... KUSS (R.)



III - Professeurs Honoraires et Agrégés  
rappelés à l'exercice pour le  
service des examens:

M.M. BRINDEAU (A.) (Obstétrique), GATELLIER (J.) (Clinique chirurgicale),  
LE LORIER (V.) (Obstétrique), VAUDESCAL (R.) (Obstétrique).

IV - Professeurs sans chaire et Agrégés  
chargés de Cours de clinique annexe  
à titre permanent:

|                       |                |                          |                 |
|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------|
|                       | M.M.           |                          | M.M.            |
|                       | ( AMELINE (A.) |                          | ( HAGUENAU (H.) |
| inique chirurgicale.. | ( PATEL (J.)   | Clinique médicale....    | ( Pr.s.ch.      |
|                       | ( SICARD (A.)  |                          | ( MARCHAL (G.)  |
|                       |                |                          | ( SOULIE (E.)   |
| inique médicale.....  | ( BROUET (G.)  |                          |                 |
|                       | ( CACHERA (R.) | Clinique obstétricale    | ECALLE (G.)     |
|                       |                | Clinique ophtalmologique | REINARD (G.)    |
|                       |                | Clinique urologique...   | COUVELAIRE (R.) |

---

Secrétaire général de la Faculté. M. MOREL (J.)  
Secrétaire..... Mlle CHAINTREUIL (G.)

---

Conservateur, chargé de la direction Dr. HAHN (A.)  
Conservateur..... Mlle GOICHON  
Bibliothécaires..... ( Mlles DUMAITRE (P.), LE NOIR (G.),  
( METIN (F.), QUIEVREUX (E.)

---

Par délibération en date du 9 Décembre 1798, l'Ecole a arrêté  
que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présen-  
tées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle  
n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur C. JOANNON,

Professeur d'Hygiène et de Médecine Préventive  
à la Faculté de Médecine de Paris,  
Officier de la Légion d'Honneur,  
Médaille Militaire.

Qui a bien voulu nous faire  
le très grand honneur d'accepter la  
présidence de cette thèse.

En reconnaissance de tout ce  
qu'il nous a appris au Cours Supérieur  
d'Hygiène et en témoignage de nos sen-  
timents respectueux et dévoués.



A NOTRE MAITRE

Monsieur le Professeur J. DUMAS

Chef de Service,  
Directeur du Cours de Microbiologie  
à l'INSTITUT PASTEUR de Paris,

Qui a bien voulu nous  
guider pas à pas dans nos études avec  
une bienveillance toute paternelle et  
à qui nous ne saurons jamais exprimer  
toute notre reconnaissance.

Nous lui dédions ce travail  
en témoignage de notre profonde admi-  
ration.



A Monsiour le Professeur J. BOYER,

Professeur Agrégé d'Hygiène  
à la Faculté de Médecine de Paris,  
Inspecteur Général des Services  
Techniques d'Hygiène  
à la Préfecture de Police,  
Chevalier de la Légion d'Honneur.

Qui nous a fait largement  
bénéficier de son enseignement et nous  
a inspiré ce travail dont il a permis  
la réalisation.

En témoignage de notre  
profonde gratitude.



A Monsieur le Médecin-Général JUDE

Directeur du Laboratoire  
Central du Val de Grâce,

Qui a bien voulu nous  
faire part de ses travaux personnels  
et nous apporter l'aide précieuse de  
sa grande expérience.

Qu'il veuille bien trouver  
ici le témoignage de notre vive reconnaissance.



A Monsieur le Professeur JAUSION

Ancien Professeur Agrégé du Val de Grâce,  
Médecin-Chef Directeur des Laboratoires de  
l'Hôpital Franco-Musulman.

Qu'il veuille bien trouver  
ici l'expression de notre très vive  
reconnaissance pour l'excellent accueil  
qu'il nous a réservé et pour les bons  
conseils qu'il nous a prodigués.



A Mademoiselle le Docteur M. TISSIER,

Chef du Laboratoire des Epidémies de  
la Préfecture de Police,

Chef de laboratoire,  
à la Faculté de Médecine de Paris.

Qui a bien voulu nous  
admettre à son laboratoire et nous  
a toujours conseillé avec beaucoup  
de bienveillance,

Nous lui exprimons nos  
plus sincères remerciements.



A Monsieur le Professeur CHAVAILLON (in memoriam),

Ex-Membre du Conseil Supérieur d'Hygiène,  
Ex-Professeur d'Hygiène à l'Ecole de  
Médecine et de Pharmacie de Tours.

Dont la vie fut toute de  
travail, d'enthousiasme et de bonté.

Notre très profonde  
reconnaissance.



Nous remercions vivement la DIRECTION  
de l'INSTITUT PASTEUR qui nous a permis de mener à bien ce travail.

A NOS MAITRES à l'INSTITUT PASTEUR,  
Aux Docteurs P. THIBAUT, Y. CHABBERT, D. et M. PIECHAUD.

A NOS MAITRES  
à la FACULTE DE MEDECINE de PARIS.

A NOS MAITRES  
à l'ECOLE DE MEDECINE de TOURS.



A Maître JEAN-DARS

Avocat à la Cour d'Appel de PARIS,

Qui ajoute, aux ressources  
d'une érudition inépuisable, le charme  
d'une conversation choisie où l'on sait  
retrouver toutes les nuances de sa  
finesse tourangelles.

En bien amical hommage.

A Monsieur et Madame M. SOMMIER,

Industriels

En témoignage de notre gra-  
titude pour tout ce que nous leur devons,  
de notre affection et de nos sentiments  
respectueux.

A Monsieur et Madame N. LECA

Que nous tenons à remercier  
pour toute la sympathie et l'amitié  
qu'ils nous ont toujours témoignées.

Qu'ils soient persuadés de  
notre sincère affection.



A notre meilleur Ami A. LECA

Ingénieur E.S.E.

Qui a bien voulu nous accorder  
l'aide précieuse de sa collaboration.

Que notre "Hydroaéroscope" soit  
la consécration d'une amitié déjà vieille  
de quinze ans qui ne s'est jamais démentie.

A Madame GABRIEL, Messieurs PERIAT et BRETON

Préparateurs au Laboratoire Hospitalier de Tours.

A TOUS NOS AMIS:

"Qu'un ami véritable est une douce chose  
Il cherche nos besoins au fond de notre  
cœur  
Il nous épargne la pudeur de les découvrir  
nous-mêmes  
Un songe, un rien, tout lui fait pour  
Quand il s'agit de ce qu'il aime"

La Fontaine



A mon PERE,  
A ma SOEUR,  
A ma GRAND'MERE,

trop tôt disparus.

A mon FRERE,  
A mon BEAU-FRERE,

dont l'amitié fidèle ne m'a  
jamais fait défaut.

A ma MERE,

Bien faible témoignage de ma  
profonde affection.



## SOMMAIRE

Pagos

### PREMIERE PARTIE

#### Les transporteurs microbiens, "agents de la contamination aérienne":

|                                                                            |   |
|----------------------------------------------------------------------------|---|
| Les poussières-supports.....                                               | 1 |
| Les gouttelettes bactériennes.....                                         | 1 |
| Les droplets nuclei.....                                                   | 4 |
| Rôle des transporteurs microbiens et leur importance en épidémiologia..... | 6 |

### DEUXIEME PARTIE

#### Les moyens de prélèvement d'air pour l'analyse bactériologique:

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| A) Les appareils anciens.....                | 9  |
| Filtration sur bourres.....                  | 9  |
| Ensemencement direct.....                    | 10 |
| Prélèvement d'air par barbotage.....         | 10 |
| B) Les appareils modernes.....               | 11 |
| Prélèvement par sédimentation accélérée..... | 12 |
| Prélèvement par ensemencement direct.....    | 12 |
| Prélèvement par ensemencement indirect.....  | 15 |
| Bibliographie.....                           | 17 |

### TROISIEME PARTIE

#### Un nouvel appareil permettant les examens bactériologiques de l'air et de l'eau:

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 1°HYDROAEROSCOPE.....                     | 19 |
| Description:                              |    |
| Description proprement dite. Montage..... | 21 |
| Appareillage auxiliaire.....              | 22 |
| Principes de fonctionnement:              |    |
| P. électrostatique.....                   | 25 |
| P. dissociation des particules.....       | 26 |
| P. barbotage.....                         | 27 |



|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Les divers emplois de l'Hydroaéroscope.....                                                             | 28 |
| - Utilisation de l'Hydroaéroscope lors des analyses<br>bactériologiques de l'air.....                   | 28 |
| - Utilisation de l'Hydroaéroscope lors des analyses<br>bactériologiques d'eau.....                      | 30 |
| - Utilisation de l'Hydroaéroscope pour les analyses<br>organiques et minéralogiques des poussières..... | 31 |

#### Expérimentation:

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| I - Essais physiques.....         | 32 |
| II - Essais bactériologiques..... | 34 |

|                  |    |
|------------------|----|
| CONCLUSIONS..... | 45 |
|------------------|----|

#### Bibliographie.

#### PLANCHES:

- I - Appareil de Wells; appareil d'Hollaender et della Valle.
- II - Appareil de Du Buy et Crisp.
- III - Appareil de Berry; de Luckiesh, Taylor et Hollaender.
- IV - Appareil de Moutton; de Rosebury; de Wheeler.
- V - L'Hydroaéroscope (coupe).
- VI - Appareil électrique de l'Hydroaéroscope.
- VII - (
- ( Photographies de l'Hydroaéroscope.
- VIII - (

---



CONTRIBUTION A L'ETUDE DES GERMES DE L'AIR

---

DESCRIPTION ET EXPERIMENTATION D'UN NOUVEL APPAREIL  
PERMETTANT L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DE L'AIR

---

"Ce serait faire oeuvre de premier ordre que de nous dire, en quantité et en qualité, ce qu'il y a de germes vivants dans l'air suivant les lieux et le moment. La beauté du problème a tenté un grand nombre d'expérimentateurs. Ce n'est pas faire injure à aucun d'eux que de dire qu'ils en ont à peine effleuré la solution, tant le problème est difficile".

E. DUCLAUX

---

Travail effectué dans les laboratoires

de Monsieur le Professeur  
J. DUMAS  
Chef de Service  
Directeur du Cours de  
Microbiologie de  
l'INSTITUT PASTEUR  
de PARIS

de Monsieur le Professeur  
J. BOYER  
Inspecteur Général  
des Services Techniques  
d'Hygiène de la  
Préfecture de Police.  
Professeur Agrégé à la  
FACULTE DE MEDECINE de PARIS

---



## PREMIERE PARTIE

---

### LES TRANSPORTEURS MICROBIENS, AGENTS

#### DE LA CONTAMINATION AERIEENNE

L'air est un réservoir considérable de micro-organismes: il est du reste facile de comprendre comment des êtres de taille si minime, à plus forte raison leurs spores, se rencontrent, se répandent et se renouvellent constamment dans l'atmosphère sous des influences variées; le vent, notamment, qui soulève les poussières sédimentées et les remet ainsi en suspension, joue un rôle important en épidémiologie.

Il est très rare de trouver dans l'air des germes libres; ils sont, en général, véhiculés par l'intermédiaire de supports.

#### Les "poussières-supports":

Ce sont de grosses particules qui peuvent agglomérer ou adsorber des microbes et leur servir ainsi de supports, quelquefois même de milieu de conservation (déchets animaux favorisant la sporulation, par exemple). Leur origine appartient aux trois règnes: végétal (fibres, grains de pollen....), animal ou minéral.

L'augmentation constante de ces poussières-supports ne fait aucun doute du fait de l'augmentation de la population et, par conséquent, du développement des villes et du nombre croissant des usines; leur rôle dans la pollution atmosphérique est devenu classique: dans les usines de textiles (battage des crins, triage du coton), de véritables suspensions aériennes de germes peuvent ainsi se créer.

Fort heureusement, si la pollution microbienne de ces poussières est importante, les analyses montrent qu'elles sont surtout chargées de germes saprophytes dits "banaux" (Wells): leur intérêt épidémiologique semble donc assez limité, d'autant plus que ces grosses particules sédimentent rapidement (Frois et Sartory, Wells et Riley), rendant la dissémination des germes à longue distance pratiquement peu importante.

#### Les "gouttelettes bactériennes":

Cornet, en 1889, attirait l'attention sur le rôle très important de la dessiccation des crachats dans la transmission de la tuberculose. Il fut ainsi le précurseur des nombreux travaux de Flugge



et ses élèves Moeller, Heymann, Ziesche et Hollmann, qui démontrèrent le rôle prépondérant de la contamination par les gouttelettes dites de Flugge, petites particules de 1 à 2mm. de diamètre (Duguid): elles sont émises à l'occasion de la toux, de l'éternuement ou lorsqu'on parle à voix haute....

Leur rôle en épidémiologie ne semblerait pas à première vue primordial si l'on considère les gouttelettes en elles-mêmes, c'est-à-dire avec un volume et une forme déterminés et stables dans l'espace et le temps: on peut, expérimentalement, étudier de telles gouttelettes, en opérant en air saturé; Wells obtint les résultats suivants:

| Temps de chute dans l'air saturé    |                                   |                                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Diamètre en mm.<br>des gouttelettes | Vitesse de chute<br>en cm/seconde | Temps de chute de 2 m.<br>(en secondes) |
| au-dessus de 1                      | $981 \times T$ en sec.            | 0,6                                     |
| 0,1                                 | 30                                | 6                                       |
| 0,01                                | 0,3                               | 600 ou 10 mn.                           |
| 0,001                               | 0,003                             | 60.000 ou 16,6 h.                       |

La durée de sédimentation des gouttelettes, dont le diamètre est supérieur à 1/10 de mm. et qui tombent de la hauteur d'un homme selon la loi de Newton, n'est pratiquement pas influencée par la résistance de l'air; ce temps de chute ne dépasse pas une seconde. D'autre part, les particules inférieures à 1/10 de mm. acquièrent, en un laps de temps très réduit, une vitesse constante (loi de Stokes), proportionnelle à la surface ou au carré du diamètre de la gouttelette supposée sphérique.

De l'étude de ce tableau, il ressort que la plupart des gouttelettes bactériennes atteignent le sol en moins de 10 secondes; on peut donc dire qu'elles sédimentent rapidement et que le rôle des gouttelettes en épidémiologie est minime, comme le pensait Flugge, mais en atmosphère saturée et là uniquement.

Certains auteurs, parmi lesquels Laschtschenko, observèrent la possibilité de dissémination des gouttelettes bactériennes à une grande distance, à la faveur d'un faible courant d'air (3 mm/sec.) et s'étonnèrent de ce résultat. Ce phénomène semble assez facilement explicable si l'on se rapporte aux travaux sur les aérosols, de Trillat d'une part, de Wells de l'autre: il faut considérer les gouttelettes bactériennes, non plus comme des éléments définis et stables, mais en évolution constante et rapide dans le temps et l'espace sous l'influence d'un facteur, l'évaporation, qui interviendra toujours dans l'air non saturé.



Ce facteur n'est lui-même que la résultante d'un grand nombre de phénomènes, parmi lesquels se trouvent au premier plan:

- le diamètre des gouttelettes;
- le degré hygrométrique { de l'air ambiant.
- la température

Wells illustre les effets de l'humidité ambiante sur l'évaporation des gouttelettes dans le tableau suivant:

| Temps d'évaporation dans l'air non saturé:<br>influence du diamètre. |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Diamètre des<br>gouttelettes en mm.                                  | Temps d'évaporation<br>en sec.                          |
| 2                                                                    | 660                                                     |
| 1                                                                    | 165                                                     |
| 0,5                                                                  | 41                                                      |
| 0,2                                                                  | 6,6                                                     |
| 0,1                                                                  | 1,7                                                     |
| 0,05                                                                 | 0,4                                                     |
|                                                                      | (temps d'évaporation dans l'air<br>non saturé, à 18°C). |

Pour une température et une humidité données, la variation de la surface des gouttelettes est constante. La durée de la vie des gouttelettes dans l'air non saturé est proportionnelle au carré du diamètre: donc, pour les plus petites, très courte, plus courte que ne serait le temps de chute si elles tombaient sans évaporation. Les grosses gouttelettes, dont le temps de sédimentation est très rapide, atteignent donc le sol sans perte appréciable par évaporation, tandis que les plus petites, qui se déposent lentement, s'évaporent presque instantanément.

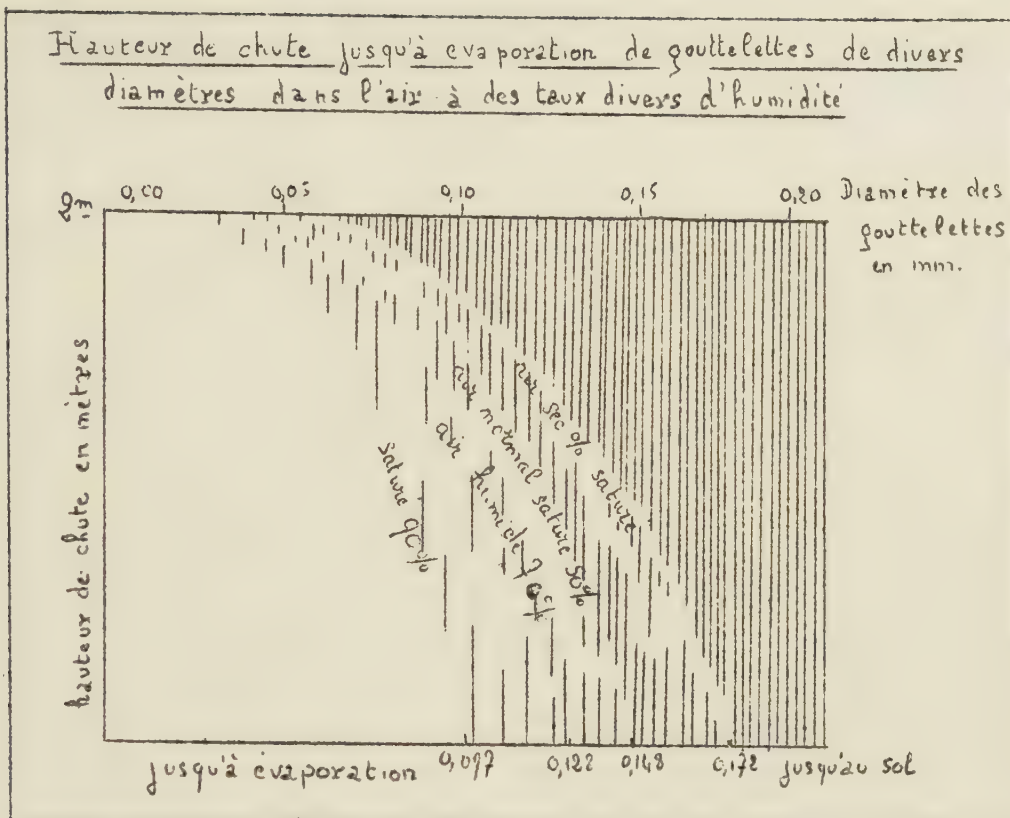
Wells a étudié les temps de chute:

- jusqu'à évaporation totale pour les fines gouttelettes;
- jusqu'au sol pour les grosses gouttelettes qui tombent d'une hauteur de 2 m.

Les résultats obtenus sont les suivants:

.... / .....





Alors que les grosses gouttelettes ne peuvent s'évaporer que dans un air sec, de très fines particules peuvent se transformer encore dans un air saturé :

### Les "droplets nuclei":

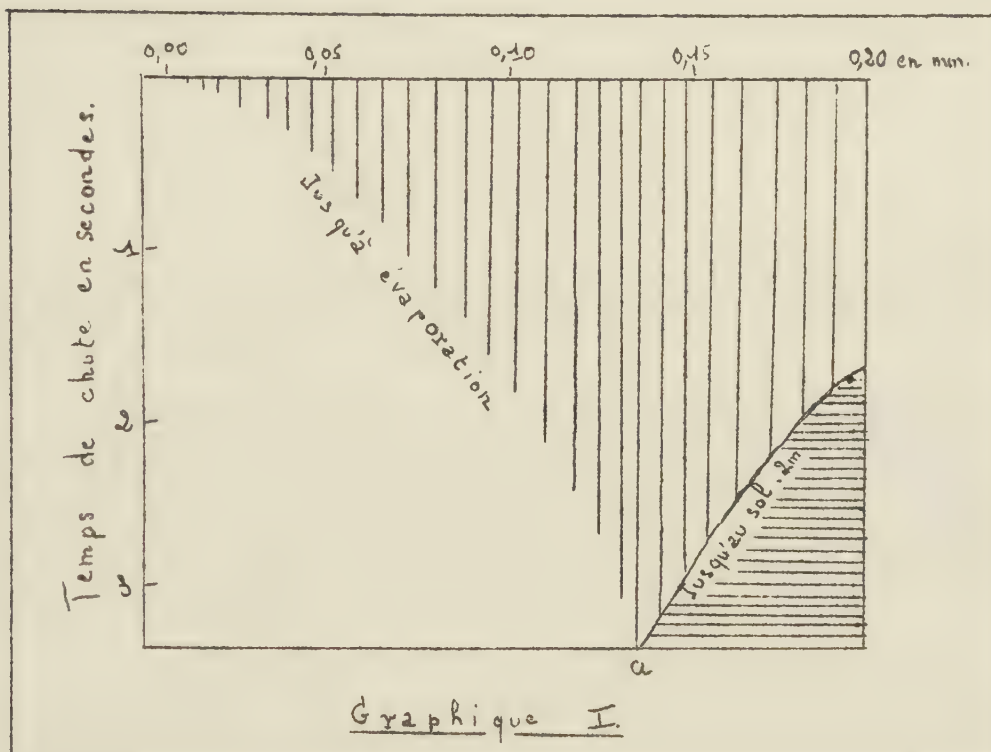
L'évaporation provoquera donc la formation des droplets nuclei (noyaux de condensation), au volume très faible et aux caractéristiques suivantes:

- temps de sédimentation très long, d'où contamination prolongée de l'atmosphère et transport à longue distance des germes qu'ils contiennent;
- charge électrique le plus souvent négative;
- dimensions de 2 à 8 $\mu$  (Duguid).

Il est évident que le contenu bactérien des "droplets nuclei" est en raison directe de leurs dimensions. Grâce à la photographie, Jennison a pu montrer leur existence; l'appareil de Sonkin, le "Cascade Impactor" de May, ont permis leur mensuration. Tous les facteurs pouvant influencer le devenir des gouttelettes bactériennes ont été très bien étudiés par Trillat (température, degré hygrométrique, courants



aériens, etc...) et surtout par Wells: c'est à lui que l'on doit d'avoir éclairci définitivement le problème des gouttelettes bactériennes et des "droplets nuclei" et d'en avoir posé les bases mathématiques.



Le temps de chute du graphique I est calculé en supposant la taille des gouttelettes constante. Mais l'évaporation entraîne une diminution de volume des gouttelettes qui finissent par donner des noyaux de condensation.

Wells a calculé la distance parcourue par une gouttelette avant son évaporation, en admettant que la vitesse de chute soit proportionnelle à la surface et que le taux de diminution de la surface soit constant.

Dans ce cas, la vitesse de chute est:

$$\frac{dh}{dt} = ks$$

d = diamètre      s = surface  
h = hauteur      t = temps  
c et k, constantes d'une  
atmosphère et de gouttelettes  
données.



De même, le taux d'évaporation est:

$$\frac{ds}{dt} = c$$

d'où: 
$$\frac{dh}{ds} = \frac{k}{c} s$$

et en intégrant: 
$$h = \frac{1}{2} \frac{k}{c} s^2$$

et si: 
$$\frac{k}{2c} = K$$

donc: 
$$h = Ks^2 = Kd^4$$

La distance parcourue par la gouttelette avant de devenir un noyau de condensation est donc proportionnelle au carré de la surface ou à la quatrième puissance du diamètre.

Reprenons l'exemple de Wells cité par Velu et Guillot: une goutte de pluie de 2mm. de diamètre peut tomber de plusieurs miles sans s'évaporer complètement, alors qu'une gouttelette de 2/10 de mm. s'évaporerait avant d'être tombée de la hauteur d'un homme, toutes conditions identiques bien entendu. La différence de taille explique pourquoi la pluie tombe des nuages et pourquoi l'évaporation du brouillard peut être employée pour le conditionnement de l'air.

Toute cette théorie est basée sur des gouttelettes d'eau pure; il est évident que les gouttelettes bactériennes contenant de nombreuses substances ne répondent pas exactement à ce raisonnement. Cependant, on peut leur appliquer ce processus sans grand risque d'erreur et la théorie reste valable.

Rôle des transporteurs microbiens et leur importance en épidémiologie.

Wells, Winslow et Robertson, reprenant tous les travaux effectués, ont déterminé le rôle effectif de chacun d'eux en Hygiène. Ils en ont résumé dans un tableau les principales caractéristiques:

.../....



|                                                   | Poussières-<br>supports               | Gouttolettes                          | Noyaux                                           |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| origine                                           | Matière solide                        | Mucosités nasales<br>et pharyngées    | Résidu d'évaporation<br>des gouttolettes         |
| production                                        | Attrition                             | Atonisation                           | Evaporation                                      |
| mise en suspension                                | Par courants de<br>l'air              | Par projection<br>(étternement, toux) | Par évaporation                                  |
| diamètre                                          | 10 à 100 $\mu$                        | Supérieur à 100 $\mu$                 | 2 à 3 $\mu$                                      |
| vitesse de chute                                  | De 0m,30/mm à<br>0m,30/sec.           | Plus de 0m30 par<br>sec.              | Moins de 0m30 par sec.                           |
| durée de suspension                               | Limitée par la<br>vitesse de chute    | Moins de 3 sec.                       | Limitée par la<br>ventilation                    |
| dispersion                                        | Se fait en nuage                      | Réduite dans l'espace                 | Se fait dans l'atmosphère                        |
| concentration                                     | Très élevée loca-<br>lement           | Intense sur le<br>champ               | Diffuso et diluée                                |
| durée de l'infection                              | Variable suivant<br>les germes        | Immédiate                             | Limitée par la ven-<br>tilation                  |
| types d'organismes                                | La plupart sapro-<br>phytes           | Saprophytes et<br>pathogènes          | Saprophytes et<br>pathogènes                     |
| nombre par pied<br>cubique (0,028m <sup>3</sup> ) | Normalement au-<br>dessous de 100     | Indéterminé                           | Normalement inférieur<br>à 1                     |
| aspect des particules<br>extérieures              | Anas                                  | Indéterminé                           | Rarement plus de 1                               |
| inhalation                                        | Arrêt par fosses<br>nasales et gorge  | Indéterminé                           | Arrivent au poulmon                              |
| mode d'infection                                  | Infection endémi-<br>que nez et gorge | Infection par<br>contact              | Contagion<br>épidémique                          |
| conservabilité                                    | Résistants                            | Indéterminé                           | Vulnérables aux agents<br>physiques et chimiques |



Des études précédentes, on peut conclure que les aérosopes doivent être fondés essentiellement sur deux facteurs:

- la nature des supports bactériens;
- leur plus ou moins grande importance épidémiologique dans la dissémination des germes à longue distance.

Les aérosopes recueilleront donc tout particulièrement les "droplets nuclei" et les gouttelettes bactériennes qui possèdent une charge plus forte en microbes pathogènes et un temps de chute très long.

Il sera nécessaire de baser les appareils sur les caractéristiques physiques ou électriques des transporteurs microbiens. Bien des aérosopes ont été inventés et nous allons voir, au cours d'un bref historique, quelle a été leur évolution.



## DEUXIEME PARTIE

### LES MOYENS DE PRELEVEMENT D'AIR

#### POUR L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

##### A) Les appareils anciens

Les premières recherches précises sur les bactéries de l'air furent faites par Pasteur: il en a exposé les résultats dans ses Communications célèbres qui ont montré l'inexactitude de la théorie de la génération spontanée. Aussi est-ce de lui que date le premier appareil à prélèvement d'air: pour récolter les germes, il faisait passer lentement un volume déterminé d'air sur une bourre assez épaisse de coton-poudre placée dans un tube de verre communiquant avec l'aspirateur. L'opération terminée, la bourre était dissoute dans un mélange d'alcool et d'éther; mais cette méthode ne permettait qu'une étude assez difficile des germes, par suite du mauvais état dans lequel ils étaient obtenus; souvent tout était mort sous l'action toxique du réactif: aucune culture n'était alors possible.

Pasteur eut ensuite l'idée de cultiver les bactéries d'un volume déterminé d'air dans des liquides nutritifs; c'est le procédé des ballons scellés sous vide, dont le principe est le suivant: on introduit du moût et de l'eau de levure dans des ballons à col effilé; ceux-ci sont ensuite chauffés jusqu'à ébullition, puis scellés au chalumeau, ce qui crée une certaine dépression. Lorsqu'on brise leur pointe, l'air entre rapidement, entraînant les poussières en suspension. Les récipients sont ensuite reformés à la flamme et mis à l'étuve à 30°.

De nombreux auteurs ont essayé d'améliorer ces deux méthodes de Pasteur. D'autre part, dès que les méthodes de culture sur les milieux solides furent instituées, naquit la technique d'ensemencement direct.

##### La filtration sur bourres:

Les divers chercheurs ont utilisé de nombreuses substances, telles:

- la bourre soluble (sucre de Sedgwick; mélange de sels de P. Oosterlé; sel marin, sulfate de soude anhydre broyé en gros grains de 1 à 2mm. de diamètre, de Miquel.....).
- la bourre insoluble (sable de Petri; coton de verre de Frankland).



- la filtration sur papier (Proctor) ou sur verre fritté (Hottcho et Schwab).

Toutes ces techniques ont été complètement abandonnées et seuls des appareils permettant d'isoler et de caractériser les bactéries peuvent être retenus.

#### Prélèvement d'air par ensemencement direct sur milieu solide:

Koch exposait à l'air, pendant un temps déterminé, un cristalliseur dont le fond était recouvert d'une couche de quelques mm. de gélatine nutritive: les germes tombaient par sédimentation dans le fond du flacon et s'y développaient.

Cette méthode grossière n'a jamais donné que des résultats très imprécis. Elle fut reprise par Hesse qui, en 1884 (9), préconisait un appareil de son invention, constitué d'un tube de verre de 50 à 70 cm de long et de 4 à 5 cm de diamètre, fermé à chaque extrémité par un bouchon de caoutchouc perforé. Cet appareil est encombrant, difficile à stériliser. La surface de la gélatine se dessèche vite et peut devenir impropre au développement de certaines espèces. D'autre part, il est nécessaire de fondre le tube lorsqu'on veut recueillir les colonies qui sont éloignées des extrémités.

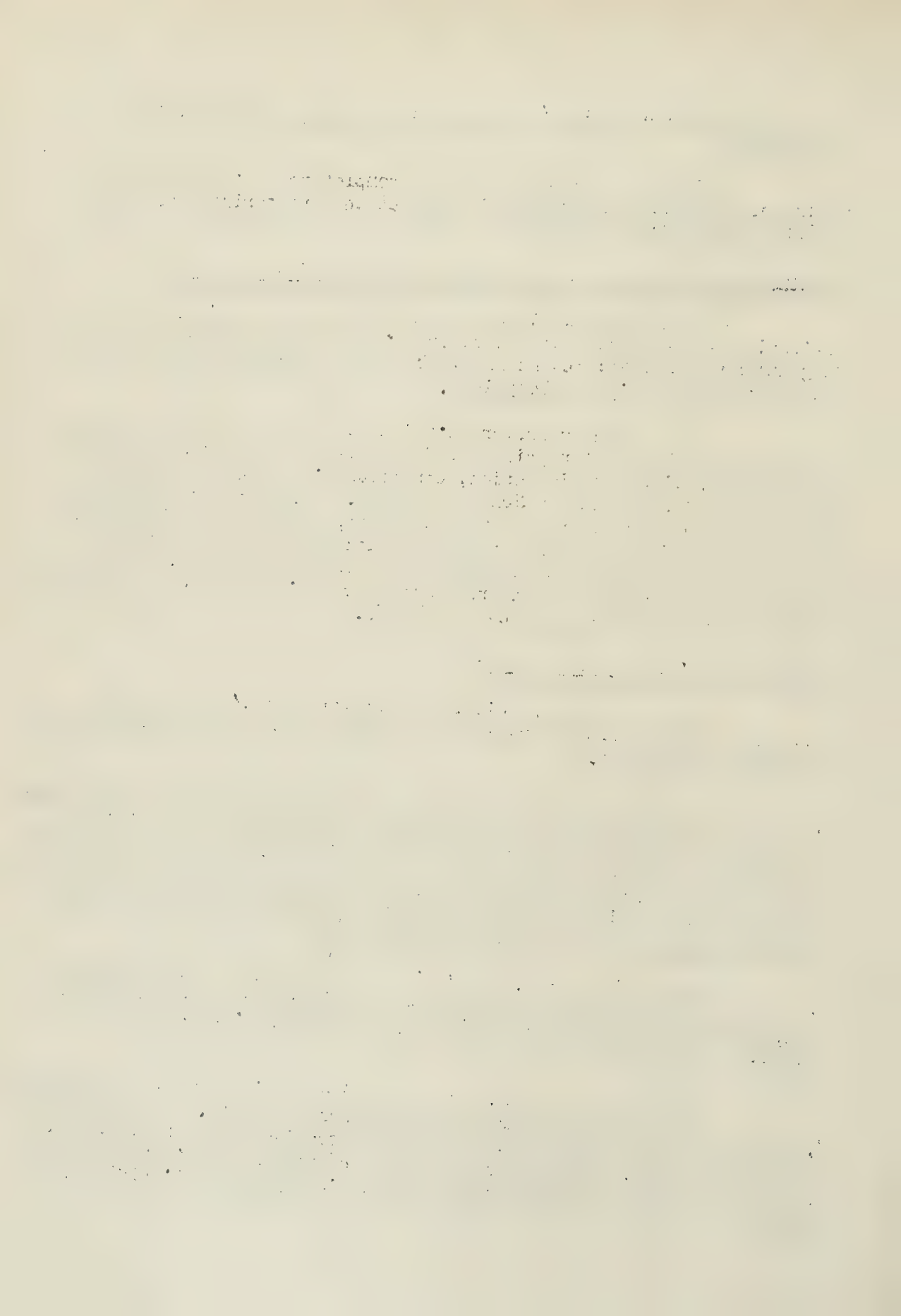
#### Prélèvement d'air par barbotage:

Dans tous ces appareils, on fait barboter l'air dans des milieux liquides; puis, ceux-ci sont ensuite ensemencés sur des milieux de culture appropriés.

Strauss et Wurtz, en 1888, publièrent un "Procédé perfectionné d'analyse bactériologique de l'air" (28). Cette méthode, qui utilise à la fois le procédé du barbotage et de l'ensemencement direct, donnait des résultats bien supérieurs à ceux obtenus par l'appareil de Hesse. Cet appareil assurait un épuisement très convenable de la flore bactérienne et fut à la base de très nombreux procédés modernes d'analyse bactériologique par la technique du barbotage.

Miquel, également, publia à la même époque la description d'un appareil basé sur le barbotage en eau distillée et qui donne des résultats à peu près identiques à ceux obtenus par l'appareil de Strauss et Wurtz.

Trois ans plus tard, Laveran (15) décrivit un nouvel aéroscope qui, en réalité, est basé sur celui de Strauss et Wurtz. Cet appareil n'apportait aucun élément nouveau dans la technique de la détection de la flore aérienne. Il donne de moins bons résultats que l'appareil de Strauss et Wurtz, certains germes pouvant s'échapper par l'orifice de sortie.



Cristiani, en 1893, eut à analyser l'air des hautes altitudes. Il proposa donc lui aussi un appareil de prise d'air (3). Cet appareil n'apportait lui non plus aucun élément nouveau, si ce n'est un grand avantage sur l'appareil de Strauss et Wurtz: il ne produit pas d'écume.

Cristiani, en 1904, essaya de perfectionner son appareil et présenta un "Aéroscope bactériologique s'adaptant aux différents tubes de culture" (4). Cet appareil est identique au précédent, mais utilise un tube de culture ordinaire à la place d'une fiole d'Erlenmeyer.

Pompeani, dans sa thèse de Pharmacie, en 1911, modifia l'appareil de Laveran; il utilisa des tubes strictement calibrés ce qui permettait d'ensemencer des quantités d'eau exactement mesurées. Si cet aéroscope est un perfectionnement de l'appareil de Laveran, il n'apporte que peu d'avantages du point de vue bactériologique et donne de moins bons résultats que l'appareil de Strauss et Wurtz.

Toutes ces études, menées de 1861 à 1911, et les très nombreux appareils en découlant, ont rendu à l'époque de grands services, mais n'ont pas résolu parfaitement le problème du prélèvement d'air bactériologique: en effet, si certains appareils permettaient un ensemencement direct sur le milieu convenable, aucun d'eux n'assurait un parfait épuisement bactérien de l'air. Par contre, d'autres appareils retenaient la plus grande partie des germes sur les milieux de prélèvement, mais un grand nombre de microorganismes fragiles pouvaient périr entre le moment du prélèvement et l'ensemencement.

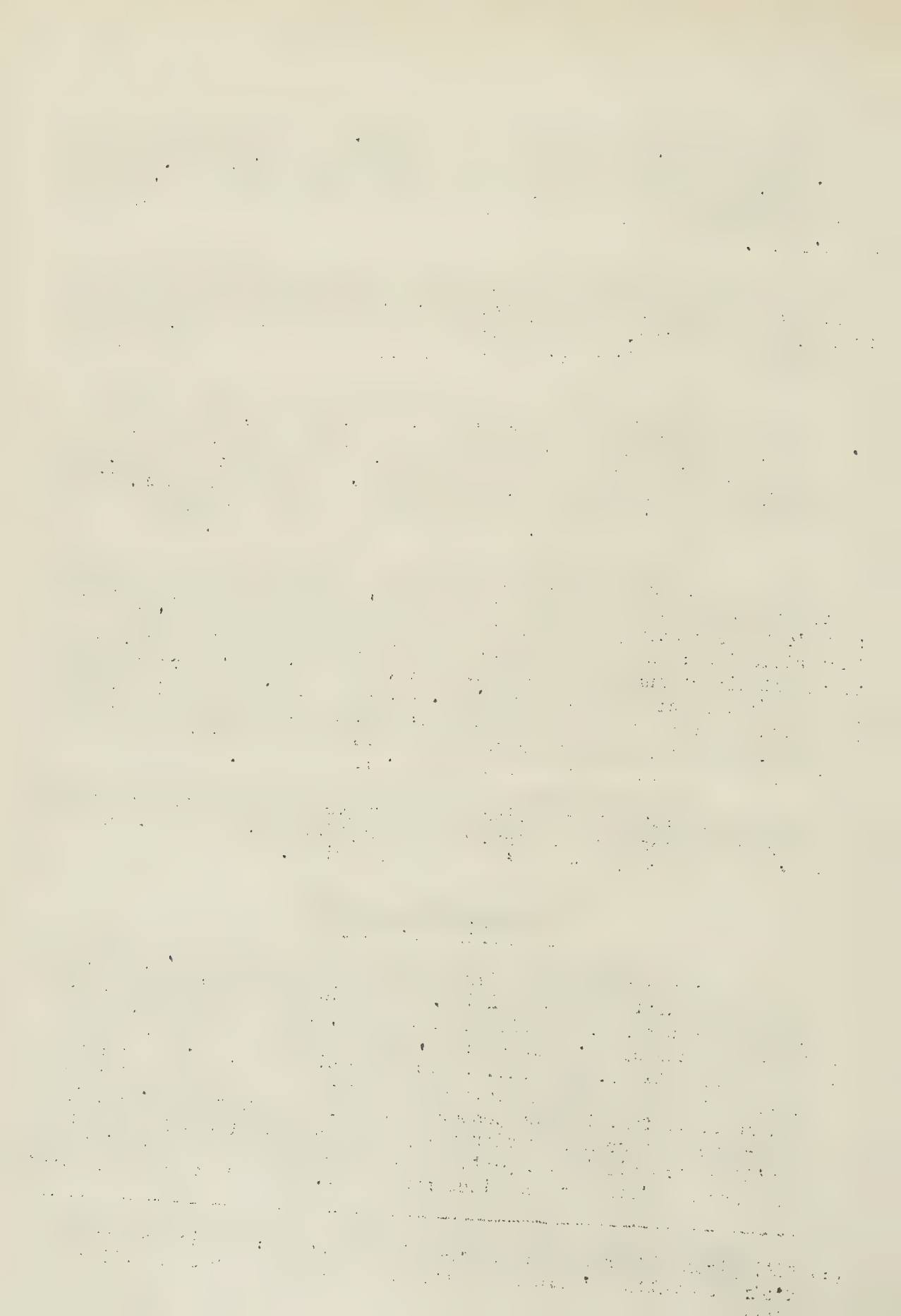
Il fallut attendre vingt ans pour que Wells permit, par ses études remarquables sur les particules atmosphériques, un renouveau dans l'appareillage de prise d'air bactériologique.

### B) Les appareils modernes

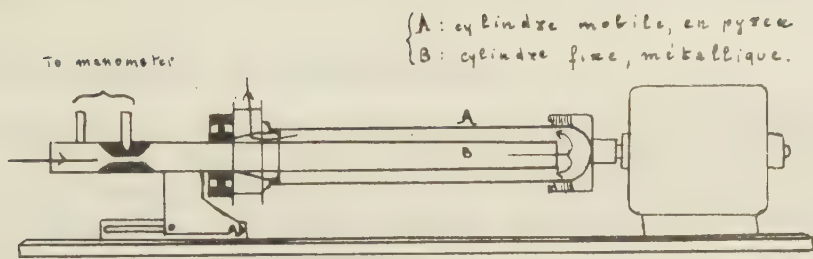
La plupart des appareils modernes de prélèvement d'air sont de conception américaine ou anglaise. Aux anciennes techniques simples de prélèvement par sédimentation et barbotage, il faut ajouter les perfectionnements de "l'impingement" (\*) et de la déviation dans un champ électrostatique. En effet, Wells et Duguid ont mis l'accent sur la sédimentation extrêmement lente et l'électrisation des gouttelettes bactériennes; il fallait donc penser que, lors du passage de l'air, il pouvait rester des germes accolés aux parois du verre (adsorption) ou même qu'il se produisait une perte de microbes provenant du peu d'action du courant d'air sur ces fines particules. Il était donc nécessaire

---

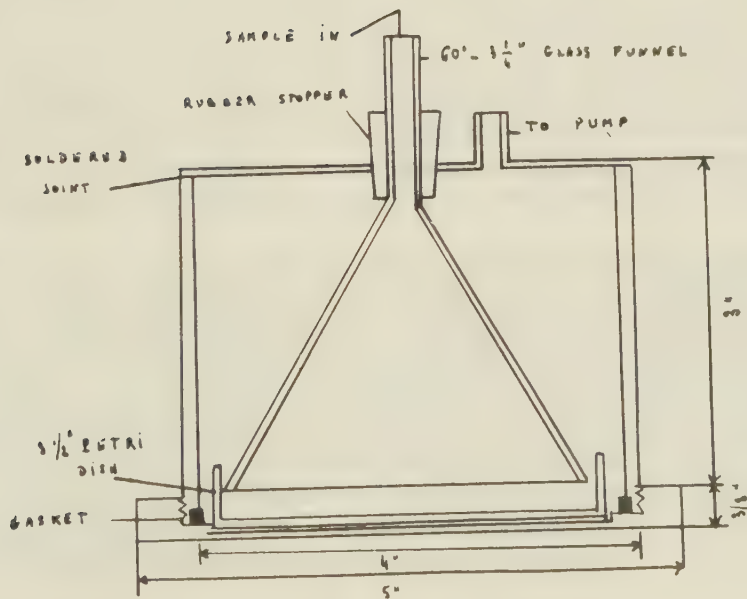
(\*) "L'impingement" procède de la technique suivante: la violence du jet d'air est telle qu'elle colle littéralement les germes au milieu de culture.



# PLANCHE I



## Appareil de W. F. WELLS



## Appareil de HOLLANDER & DELLA VALLE



qu'un violent jet d'air frappe les milieux de culture, tout en permettant une très bonne répartition des germes, si le prélèvement était direct.

#### Technique de prélèvement par sédimentation:

Wells fut le premier à décrire une chambre de sédimentation appelée "centrifuge" (32a), où la vitesse de sédimentation est augmentée par la force centrifuge, la hauteur étant fixée et le temps de sédimentation constant pour la machine; cette constante est déterminée pour les petits noyaux bactériifères.

On verse dans A, 25cc de milieu de culture fondu et maintenu liquide. Le cylindre étant remis en place, le moteur est mis en marche: sous l'action de la force centrifuge, le milieu s'étale en couche fine sur le cylindre et se durcit, emprisonnant les germes de l'air qui sont entrés par B. Le débit est de 10 pieds-cubes/un. (280 l.).

C'est un appareil de "transition" entre les appareils primitifs et les aérosopes modernes utilisant les propriétés physiques et électriques des gouttelettes bactériennes. C'était toutefois un sérieux progrès, car la centrifuge est toujours prête à l'emploi; les volumes d'air sont connus et il n'existe aucun danger pour la culture des germes, alors que ceux-ci peuvent être tués par les méthodes de filtration sur bourres. Cependant, cet appareil est d'un poids encombrant, difficile à construire et le comptage des colonies se révèle parfois délicat. D'autre part, on ne peut mettre deux appareils en série. Enfin, la centrifuge de Wells ne recueille pas tous les germes.

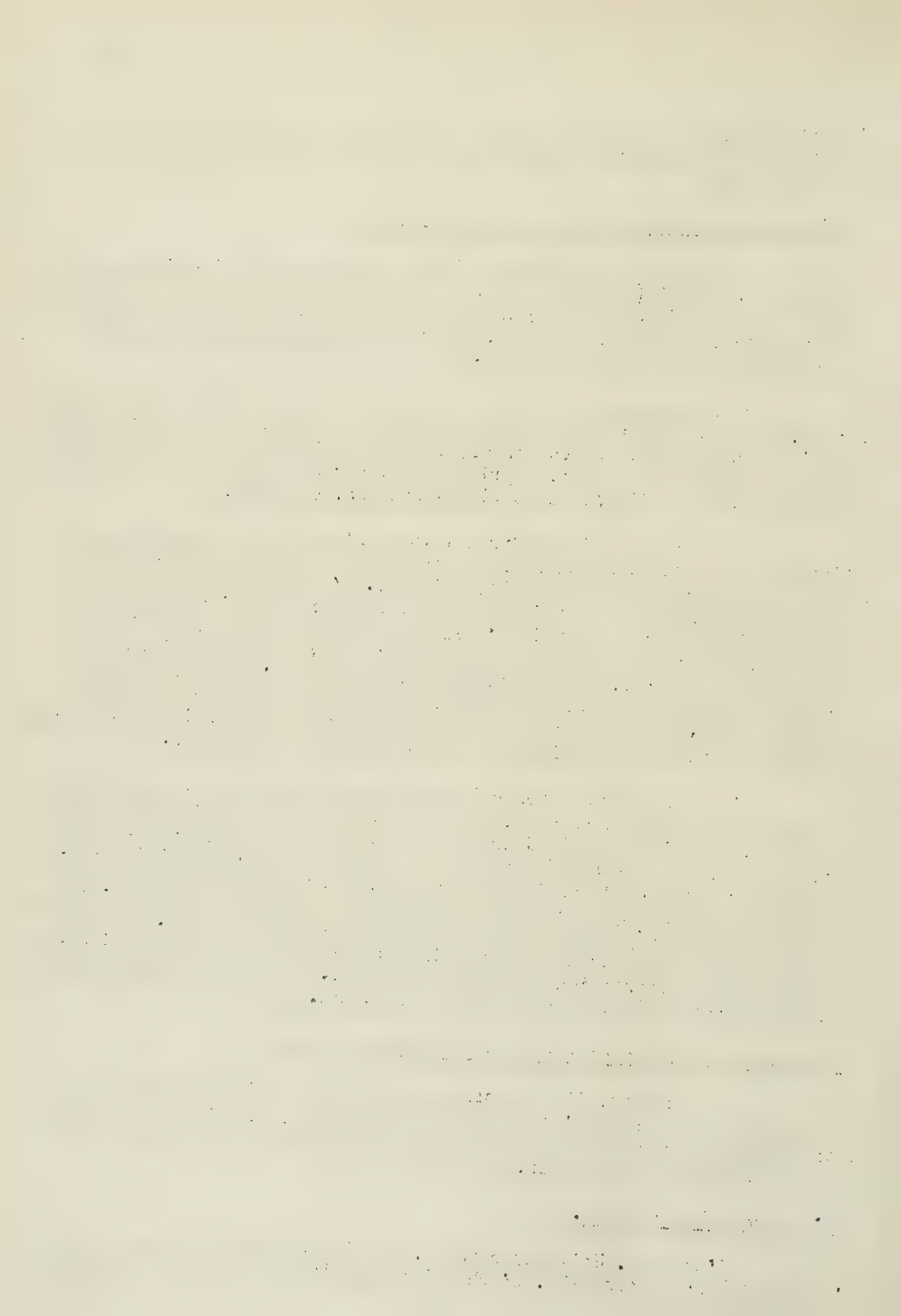
C'est pour toutes ces raisons que les auteurs modernes anglosaxons ont cherché à améliorer le principe de la "sédimentation accélérée" de Wells, mais les solutions à ce problème sont multiples; cependant, elles sont conditionnées par de nombreux facteurs: en particulier, on peut concevoir les "poussières-supports", les gouttelettes bactériennes, comme des agglomérats de particules vivantes et inertes qu'il faut dissocier et répartir au mieux sur les milieux de culture. Pour cela, deux méthodes peuvent être utilisées: soit un ensemencement direct nécessitant une répartition parfaite des germes, soit un ensemencement indirect (barbotage) avec tous ses inconvénients.

#### Technique de prélèvement par ensemencement direct:

Dans ce cas, il est possible, pour projeter les germes sur les milieux de culture, d'utiliser un appareil à entonnoir, à fente, à crible ou encore de mettre à profit les propriétés électrostatiques des particules atmosphériques.

##### - L'appareil à entonnoir.

C'est à A. Hollaender and J.M. Della Valle que nous devons l'appareil à entonnoir (12). L'échantillon d'air est aspiré à travers



la tige de l'entonnoir par une pompe aspirante montée en série avec un débit-mètre. Les bactéries viennent se déposer sur le milieu de culture solide (les auteurs utilisent de la gélose molle nutritive à 1,5%) contenu dans la boîte de Petri. La vitesse d'aspiration est de 28l/mn. La boîte de Petri est ensuite mise à l'étuve 48 heures à 32°C. Cet appareil simple est facile à entretenir, mais nécessite des boîtes de Petri spéciales et la méthode ne semble pas tenir suffisamment compte de la présence de "droplets nuclei" dans l'air à analyser.

De plus, la répartition des germes laisse beaucoup à désirer si l'on compare les résultats obtenus à ceux de l'appareil de Bourdillon et collab.

#### - L'appareil à fente.

R.B. Bourdillon, O.M. Lidwell et J.C. Thomas utilisèrent un aéroscope dont l'orifice d'aspiration est une fente. On dispose une boîte de Petri contenant de la gélose ou un autre milieu de culture sur un disque support, le plus près possible de la fente. L'appareil est fermé par une bande de matière adhésive munie d'une armature rigide. La vitesse d'aspiration est de 1 pied-cube/mn. Selon la nature de l'air aspiré, on laisse l'appareil en fonctionnement pendant un temps variable (chambre habitée, cantine: 2 mn.; chambre d'hôpital: 10 mn.). Les auteurs jugent inutile de stériliser si l'on utilise les milieux solides.

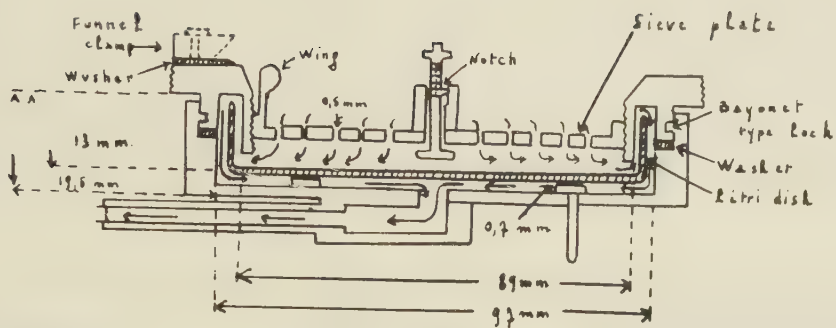
Les résultats obtenus avec cet appareil sont incontestablement supérieurs au procédé de Wells et de l'entonnoir. Les inventeurs ont publié dans le tableau suivant une comparaison de l'appareil à fente avec la centrifuge de Wells (les résultats de l'appareil de Bourdillon correspondent à 100).

| Organismes                       | Type des particules bactériées       | Endroit            | Quantité de pieds-cubes/mn. d'air (1) |     |    |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----|----|
|                                  |                                      |                    | 1                                     | 1,5 | 2  |
| <i>Staphylococcus salivarius</i> | Fine pulvérisation en eau distillée  | Chambre pulvérisée | 5                                     | -   | -  |
| <i>Staphylococcus albus</i>      | "                                    | "                  | 6                                     | -   | -  |
| <i>Staphylococcus salivarius</i> | Fine pulvérisation en bouillon-sérum | "                  | 36                                    | 31  | 36 |
| <i>Bacillus prodigiosus</i>      | "                                    | "                  | 45                                    | -   | -  |
|                                  | Mélange de poussières                | Abri contre avion  | 76                                    | -   | -  |
|                                  | "                                    | Cantine            | 72                                    | -   | -  |

1 pied-cube/minute est égal à 28 litres d'air/minute.

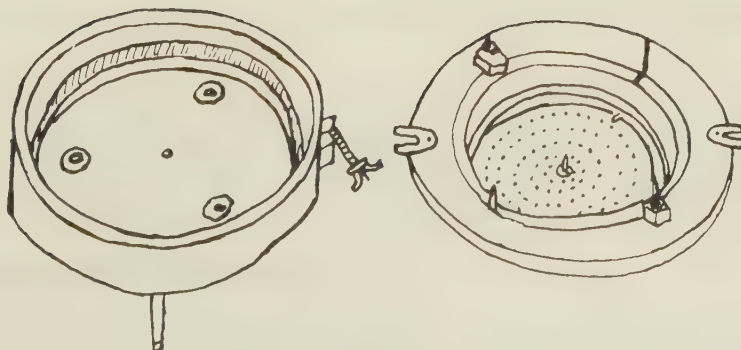


## PLANCHE II



Appareil de DUBUY et CRISP

DUBUY et CRISP



A sieve device for sampling air-borne microorganisms



### - L'appareil à crible.

Bien meilleure cependant nous semble la méthode de H.G. Du Buy et L.R. Crisp qui utilisent le principe dit du "crible" (5). Leur appareil se compose d'un caisson muni d'une sortie d'air et contenant une boîte de Petri ordinaire avec de la gélose; le couvercle est une plaque de laiton perforée de 300 ouvertures de 0mm,796 de diamètre qui est ajustée à distance voulue de la surface de la gélose (quelques mm.). Le volume d'air aspiré est déterminé par le diamètre intérieur du tube de sortie: en effet, la surface totale des 300 ouvertures est plus grande que celle du tube de sortie. La vitesse d'aspiration est de 28 litres/mn. Cet appareil donne des résultats supérieurs de 80% environ à ceux obtenus par le dispositif à entonnoir et il ressort des expériences faites par les auteurs que les résultats quantitatifs varient en raison directe du nombre d'orifices du crible.

| Méthode                                                                                                                       | Nombre d'expériences | Numération des bactéries par 10 pieds-cubes d'air |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| Plaque ouverte                                                                                                                | 18                   | 7,7 $\pm$ 2,5<br>exposées 10mn.                   |
| Dispositif à entonnoir                                                                                                        | 18                   | 40,6 $\pm$ 5,4                                    |
| Dispositif à crible (150 trous)                                                                                               | 18                   | 50,2 $\pm$ 6,4                                    |
| Dispositif à crible (300 trous)                                                                                               | 18                   | 77,7 $\pm$ 7,9                                    |
| Prélèvement dans une salle contenant des "sprays" de E. coli au taux de 1 pied-cube/mn. et une humidité relative de 35 à 45%. |                      |                                                   |

De ces quatre appareils actuellement employés et qui résolvent tous le problème de la répartition des germes par une solution mécanique, seul l'appareil de Du Buy et Crisp donne des résultats convenables, mais ne permet pas un épuisement bactérien total.

### Les appareils électrostatiques.

D'autres bactériologistes ont utilisé les propriétés électrostatiques des particules aériennes pour essayer de résoudre ce problème. C'est ainsi que C.M. Berry combina les effets de "l'impingement", de la force électrique et de l'attraction électrostatique dans un appareil de son invention (1). Celui-ci donne de bons résultats grâce à deux ioniseurs disposés à une très faible distance des plaques de gélose:

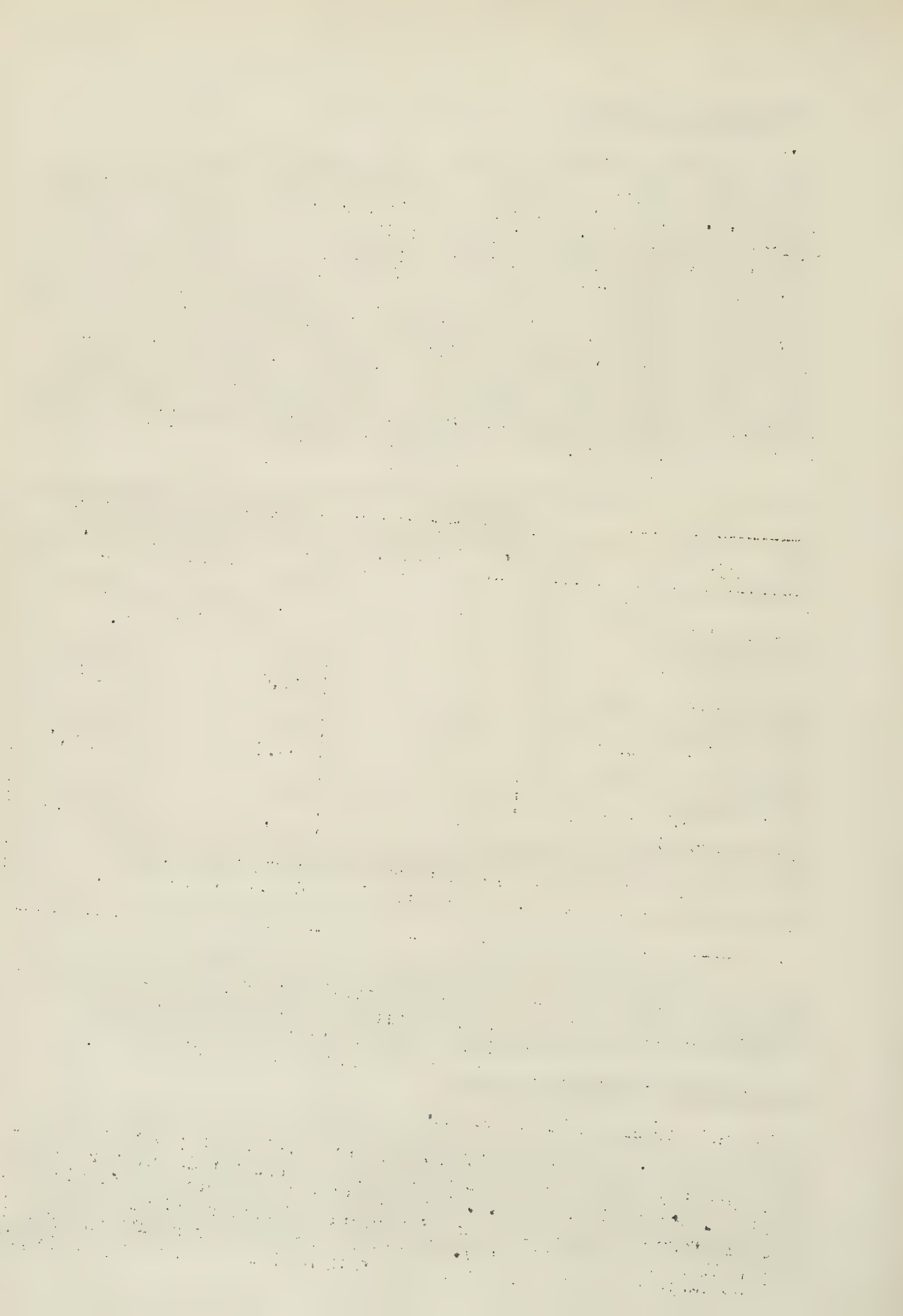
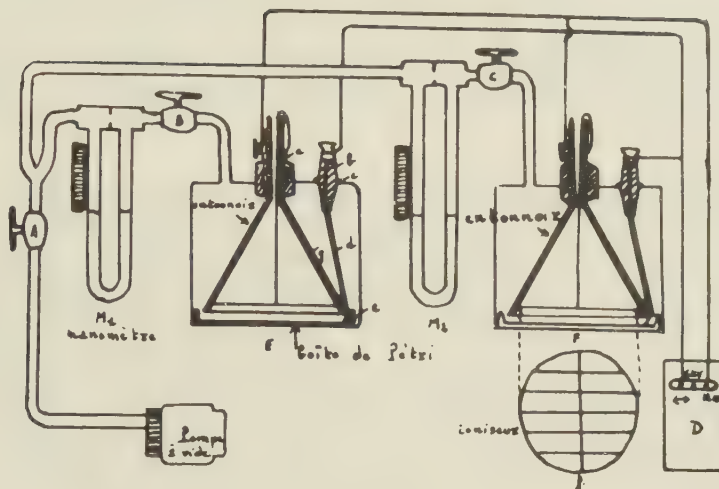
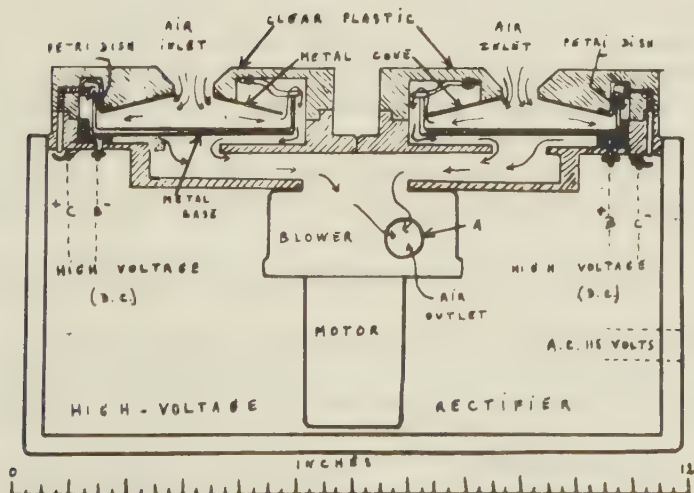


PLANCHE III



Appareil de BERRY



"DUPLEX ELECTROSTATIC AIR SAMPLER"

de LUCKIESH, TAYLOR et HOLLADAY



on obtient ainsi une bonne dispersion des gormos. Mais cet appareil exige de nombreuses précautions: les plaques de gélose doivent être plus épaisses qu'habituellement et très sèches; le réglage de l'appareil est délicat, nécessitant une mise au point préalable avant chaque prise d'air. De plus, si l'on travaille en atmosphère très humide (plus de 85%), il se produit une augmentation de fuite du courant réduisant l'efficacité de l'appareil. Enfin, cet aéroscope n'est pas stérilisable lorsqu'il est monté.

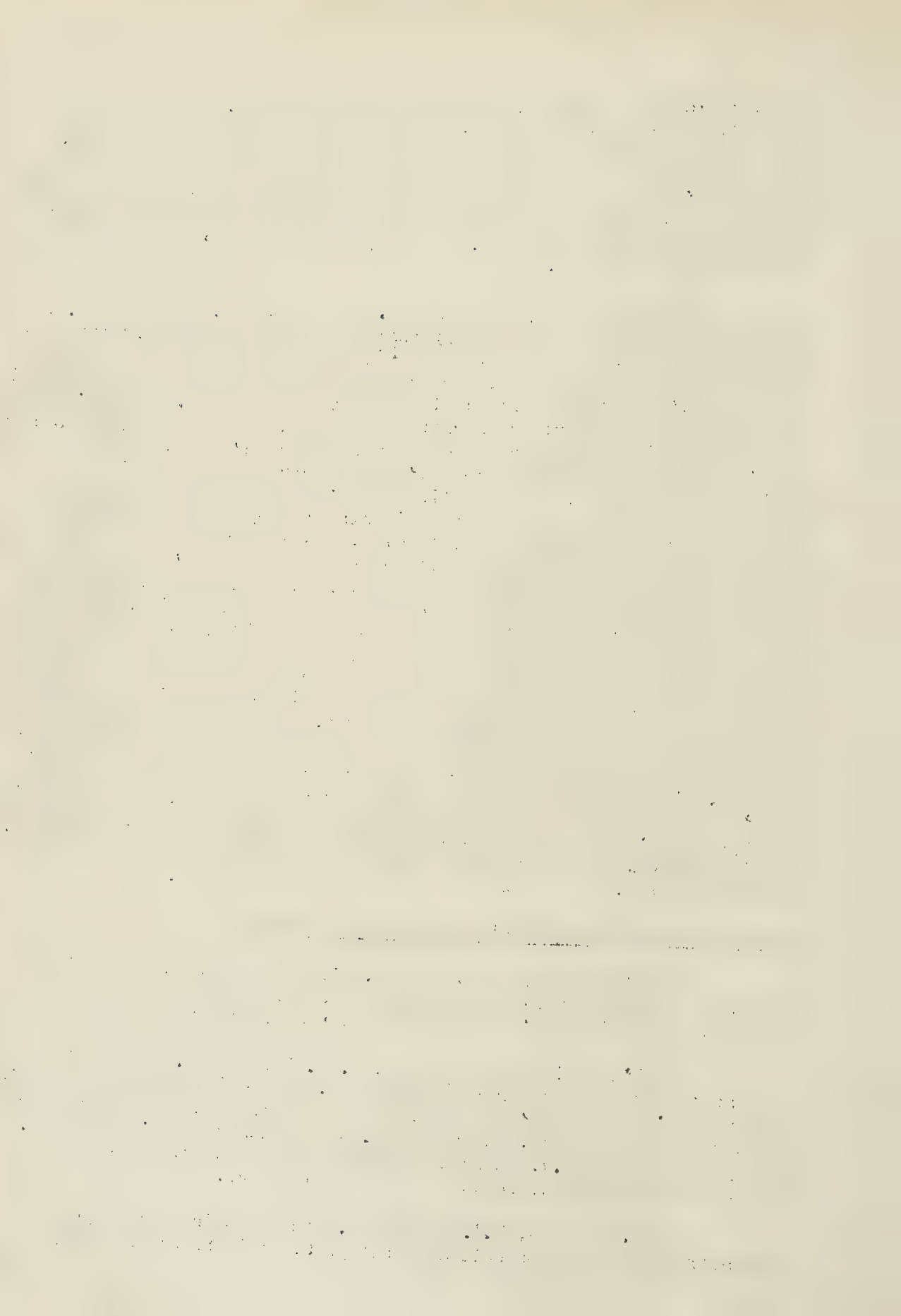
Reprenant le problème, M. Luckiesh, A.H. Taylor et L.L. Holladay construisirent un appareil appelé "DUPLEX Electrostatic Air Sampler" (16), où deux boîtes de Pétri sont placées dans deux unités de matière plastique avec couvercle enlevable. Un aspirateur électrique aspire l'air avec le même débit dans les deux unités. L'une d'elles a une électrode inférieure négative et une électrode supérieure positive. Les conditions électriques sont inverses pour l'autre. Le voltage d'environ 7000 volts provient d'un transformateur. Le débit de l'air (0,5 pied-cube/mn.) et le calibre de l'électrode supérieure sont déterminés pour donner une bonne distribution des colonies sur les plaques avec une très grande efficacité. Les bactéries ayant une charge positive sont collectées par l'électrode négative (c'est-à-dire par la boîte de Pétri placée dessus) et celles chargées négativement par l'électrode positive. Les bactéries neutres seront recueillies indifféremment par l'une ou l'autre électrode. Cependant, lorsque l'on emploie de la gélose-tryptose-sang, on obtient une moyenne de 30% de colonies de plus sur l'électrode positive. Ce résultat est peut-être dû aux types de colonies se développant sur ce milieu ou à d'autres facteurs: en effet, au cours d'expériences avec *E. coli* nébulisé, on obtient une prédominance de bactéries chargées négativement, ce qui est peut-être le résultat de charges développées au cours du processus de nébulisation. C'est un appareil moderne, léger, facile à transporter; mais, il n'est pas stérilisable et des bactéries traversent l'appareil sans être captées, d'où des résultats quantitatifs contestables. D'autre part, il est impossible de mettre deux appareils en série pour permettre une vérification, ce qui constitue un très gros handicap.

#### Technique de prélèvement par ensencement indirect:

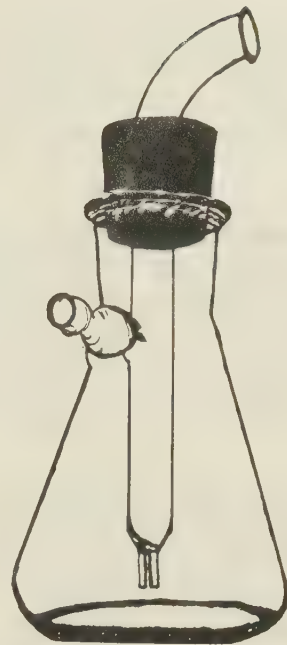
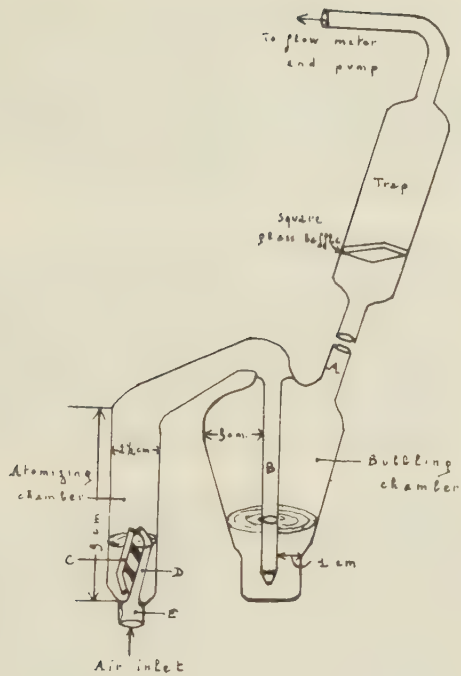
L'ensencement indirect, c'est-à-dire la dissociation des particules atmosphériques dans un milieu liquide avant ensencement, est encore prôné à l'heure actuelle par quelques auteurs.

C'est ainsi que Wheeler, G. E. Foley et T.D. Jones (33) construisirent un appareil à barbotage. Celui-ci se compose essentiellement d'une fiole d'Erlenmeyer garnie de billes de verre dans laquelle on verse 50cc de bouillon nutritif. Après passage de l'air (10 mn. en moyenne à 9 l./mn.), on prélève 2cc de liquide nutritif et on les mélange avec de la gélose dans une boîte de Pétri.

S. Moulton, T.T. Puck et H. Lenon reprirent le sujet et construisirent un appareil à barbotage (19): le principe fut très

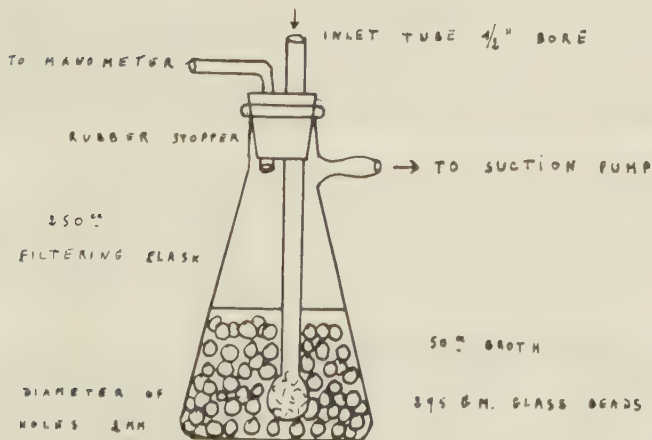


# PLANCHE IV



Appareil de MOULTON, LUCK et LEMON

Appareil de ROSEBURY  
(comp. Detrich)



Appareil de WHEELER, FOLEY et JONES



amélioré par les auteurs qui eurent l'idée de faire précéder la chambre de barbotage d'une chambre "d'atonisation". Les "droplets nuclei" formés dans la première chambre vont ensuite barboter dans 15cc de bouillon stérile additionnés de 2 gouttes d'huile d'olive (pour éviter la mousse). On fait fonctionner l'appareil pendant 10 à 15 mn. avec un débit d'air de 21 l./mn.

Cet appareil assure un excellent épuisement bactérien de l'air aspiré: en effet, le nombre de bactéries qui ne sont pas retrouvées dans le liquide collecteur est infime (ceci est démontré en disposant à la sortie un deuxième appareil semblable ou un autre aéroscope); la centrifuge de Wells ne recueille que 15% des bactéries captées par l'appareil atoniseur; le dispositif de Wheeler en recueille 86%. Cependant, cet appareil est compliqué et peu maniable.

Au camp Detrick, Rosebury utilisa un appareil qui procède à la fois du barbotage et de la méthode par "impingement" (25). Il reprit l'appareil de Wheeler et le perfectionna: c'est une fiole de 125cc. fermée par un bouchon de caoutchouc perforé où passe un tube collecteur de 10mm. de diamètre. La partie supérieure du tube est coudée presque à angle droit; la partie inférieure est terminée par une portion capillaire de diamètre calibré, courte (moins de 1/2 inch) qui doit arriver à moins de 4mm. du fond de la fiole, mais plonger d'au moins 5mm. dans le liquide. La vitesse d'aspiration normale est de 2 à 3 litres/mn., mais l'appareil fonctionne également pour de plus de grands débits (16 litres/mn.).

L'orifice étant calibré, il est inutile de se servir d'un débit-mètre; cet appareil est commode, facile à fabriquer, stérilisable et donne des résultats convenables, mais il est conçu pour des expériences dans des chambres de nébulisation assez petites et ne convient pas pour une analyse bactériologique de l'air ambiant.

Les perfectionnements apportés dans ces deux appareils ne suffisent pas à éliminer la possibilité de perte bactérienne entre le moment du prélèvement et l'ensemencement: le reproche que l'on pouvait faire aux anciens aérosopes reste donc valable.

Bien des critiques peuvent donc être formulées contre tous ces appareils, qu'il s'agisse d'aérosopes à ensemencement direct ou indirect. Les appareils électrostatiques ne sont pas stérilisables et peuvent laisser passer des particules bactériennes (résultats quantitatifs déficients). Les appareils à barbotage sont plus simples et ne sont pas sujets aux objections précédentes: les appareils de Moulton, Rosebury, semblent de bons aérosopes, mais on peut leur reprocher dans une certaine mesure leur méconnaissance des charges électrostatiques des gouttelettes, propriété qui, sans conteste, permet une bonne séparation microbienne. Enfin et surtout, ces appareils nécessitent un ensemencement très rapide sur les milieux de culture si l'on ne veut pas perdre une espèce microbienne.

# THE

THE

THE

THE

THE

THE

THE

THE

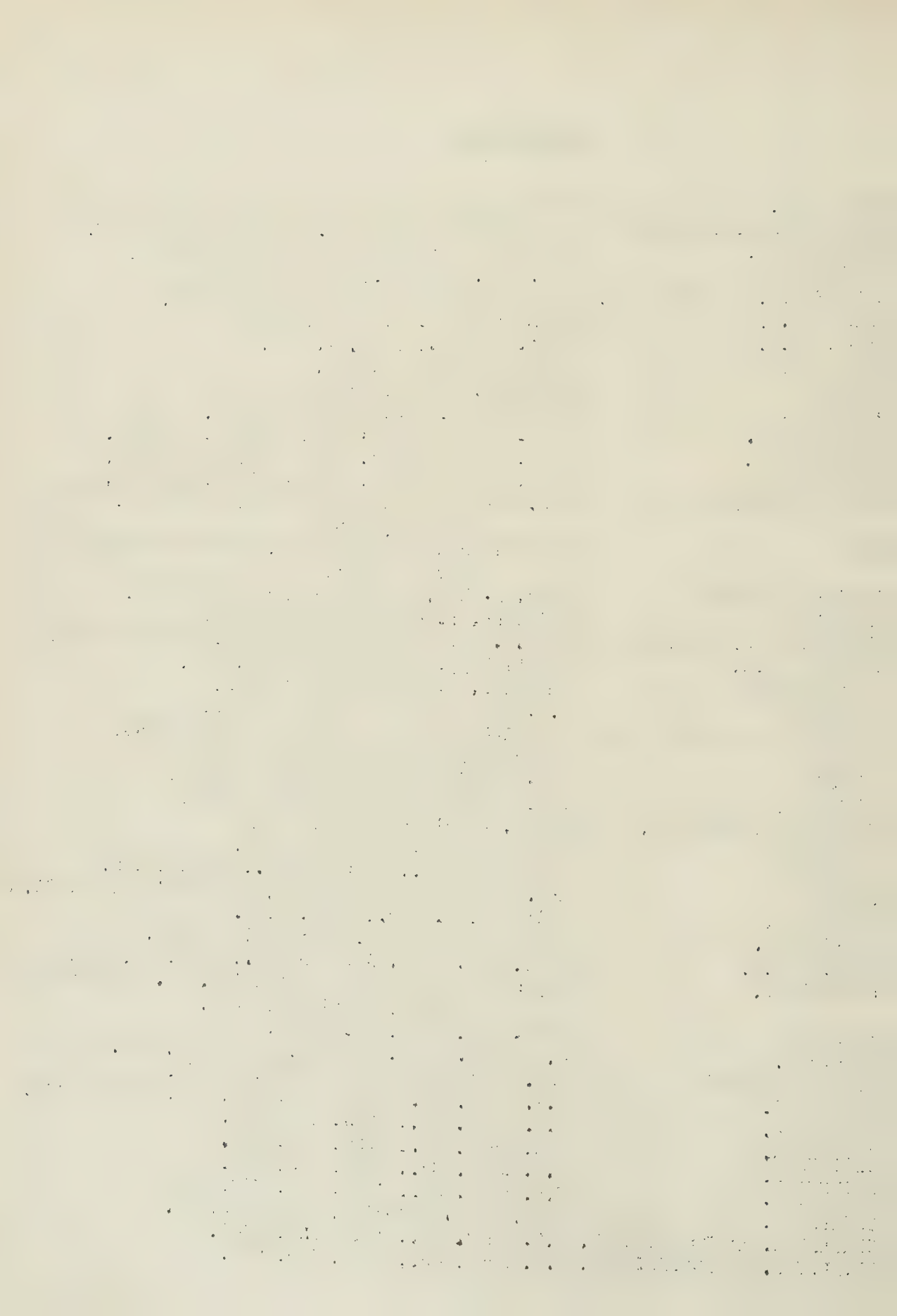
THE

THE

THE

BIBLIOGRAPHIE

- BERRY C.M. Public Health Reports, 1941, 56, 2044.  
BOURDILLON R.B., LIDWELL O.M. and THOMAS J.C. - J. Hyg., 1941, 41, 197.  
CRISTIANI H. Ann. Institut PASTEUR, 1893, 7, 665-671.  
CRISTIANI H. C.R. Soc. de Biol., 1904, 56(I), 38.  
DU BUY H.G. et CRISP L.R. Public Health Reports, 1944, 59, 829.  
DUGUID J.P. Edinburgh Med. J., 1945, 52, 385.  
DUGUID J.P. Brit. Med. J., 1946, I, 265.  
DUGUID J.P. J. Hyg., 1946, 44, 471.  
FLUGGE C. Zeitschr. f. Hyg., 1899, 30, 107.  
FLUGGE C. Zeitschr. f. Hyg., 1897, 25, 179.  
FRANKLAND F. Proc. of Royal Soc. London, 1886, 40, 509.  
FRANKLAND F. Proc. of Royal Soc. London, 1886, 41, 446.  
FRANKLAND F. Proc. of Royal Soc. London, 1887, 42, 267.  
FROIS et SARTORY Ann. Hygiène Publique et Médecine Légale, 1911, 15, 384 et 529.  
HESSE Mitteilung aus der kaiserliche Gesundheitante, 1884, 2, 187.  
HETTICHE et SCHWAB Arch. f. Hyg. und Bakt., 1940, 123, 283.  
HEYMAN B. Zeitschr. f. Hyg., 1899, 30, 139.  
HOLLAENDER A. and DELLA VALLE J.M. - Public Health Reports, 1939, 54, 574.  
JENNISON M.W. Aerobiology, Washington, 1942, 106.  
LASCHTSCHENKO Zeitschr. f. Hyg. 1899, 30, 125.  
LAVERAN A. C.R. Soc. de Biol., 1891, 43, 39.  
LUCKIESH M., TAYLOR A.H. and HOLLADAY L.L. - J. Bact., 1946, 52, 55.  
MAY K.R. J. Sc. Instruments, 1945, 22, 187.  
MIQUEL P.. Ann. Institut PASTEUR, 1888, 2, 364.  
MIQUEL P. Ann. de Micrographie, 1889, I, 152.  
MOULTON S., PUCK T.T. et LEMON H. - Science, 1943, 97, 51.  
OESTERLE P. Arch. P. Hyg., 1938, 120, 295.  
PASTEUR L. Ann. Soc. Nat., partie Zool., 1861, 16, 5.  
PASTEUR L. Ann. de Chimie et Physique, 3ème série, 1862, 64, 5.  
PETRI A.T. Zeitschr. f. Hyg., 1888, 3, I.  
POMPEANI J. Thèse de Pharmacie, Montpellier, 1911.  
PROCTOR R.E. Proc. Ann. Acad. Arts and Sc., 1934, 69, 315.  
ROSEBURY T. Experimental Air borne Infection. Ed. Williams and Wilkin, Baltimore, 1947.  
SEDWICK Proc. Nat. Acad. Sc., 1888.  
SONKIN L.S. J. Indust. Hyg. and Tox., 1946, 38, 269.  
STRAUSS et WURTZ Ann. Institut PASTEUR, 1888, 2, 171.  
TRILLAT A. C.R. Acad. Sc., 1912, 154, 138, 613, 372 et 1443.  
TRILLAT A. C.R. Acad. Sc., 1915, 160, 155.  
TRILLAT A. C.R. Acad. Sc., 1920, 170, 538.  
TRILLAT A. C.R. Acad. Sc., 1922, 175, 328.  
TRILLAT A. C.R. Acad. Sc., 1929, 172, 339.  
TRILLAT A. Bull. Acad. Médecine, 1938, 119, 64.  
TRILLAT A. et FOUASSIER M. C.R. Acad. Sc., 1914, 158, 1441.  
TRILLAT A. et FOUASSIER M. C.R. Acad. Sc., 1919, 168, 570.



- TRILLAT A. et MALLEIN M. C.R. Acad. Sc., 1920, 170, 1291.  
 TRILLAT A. et SAUTON C.R. Acad. Sc., 1909, 149, 875.  
 TYNDALL "Essays on floating matter in the air" D. Appleton  
 and Co. New-York, 1882.  
 VELU H. et GUILLOT G. "Les aérosols microbiens et l'infection aérogène",  
 Acad. Méd., Prix Martin, 1944.  
 WELLS W.F. Amer. J. Public Health, 1933, 23, 584.  
 WELLS W.F. Amer. J. Hyg., 1934, 20, 644.  
 WELLS W.F. J. of Hyg., 1934, 20, 611.  
 WELLS W.F. Arch. Phys. Ther., 1942, 23, 143.  
 WELLS W.F. and BROWN H.W. Amer. J. Hyg., 1936, 24, 407.  
 WELLS W.F. and HENLE W. Proc. Soc. exp. Biol. Med., 1941, 48, 298.  
 WELLS W.F. et RILEY E.C. J. of Ind. Hyg. and Text., 1937, 19, 513.  
 WELLS W.F. and WELLS M. W. J.A.M.A., 1936, 107, I 698 et I 805.  
 WELLS W.F., WELLS M.W. and WILDER T.S. - Amer. J. Hyg., 1942, 35, 97.  
 WELLS W.F., WINSLOW C.E.A. and ROBERTSON E.C. - Amer. J. Public Health,  
 1946, 36, 324.  
 WHEELER S.M., FOLEY G.E. and JONES T.D. - Science, 1941, 94, 446.



### TROISIEME PARTIE

---

#### UN NOUVEL APPAREIL PERMETTANT LES EXAMENS

#### BACTERIOLOGIQUES DE L'AIR ET DE L'EAU:

#### "L'HYDROAEROSCOPE"

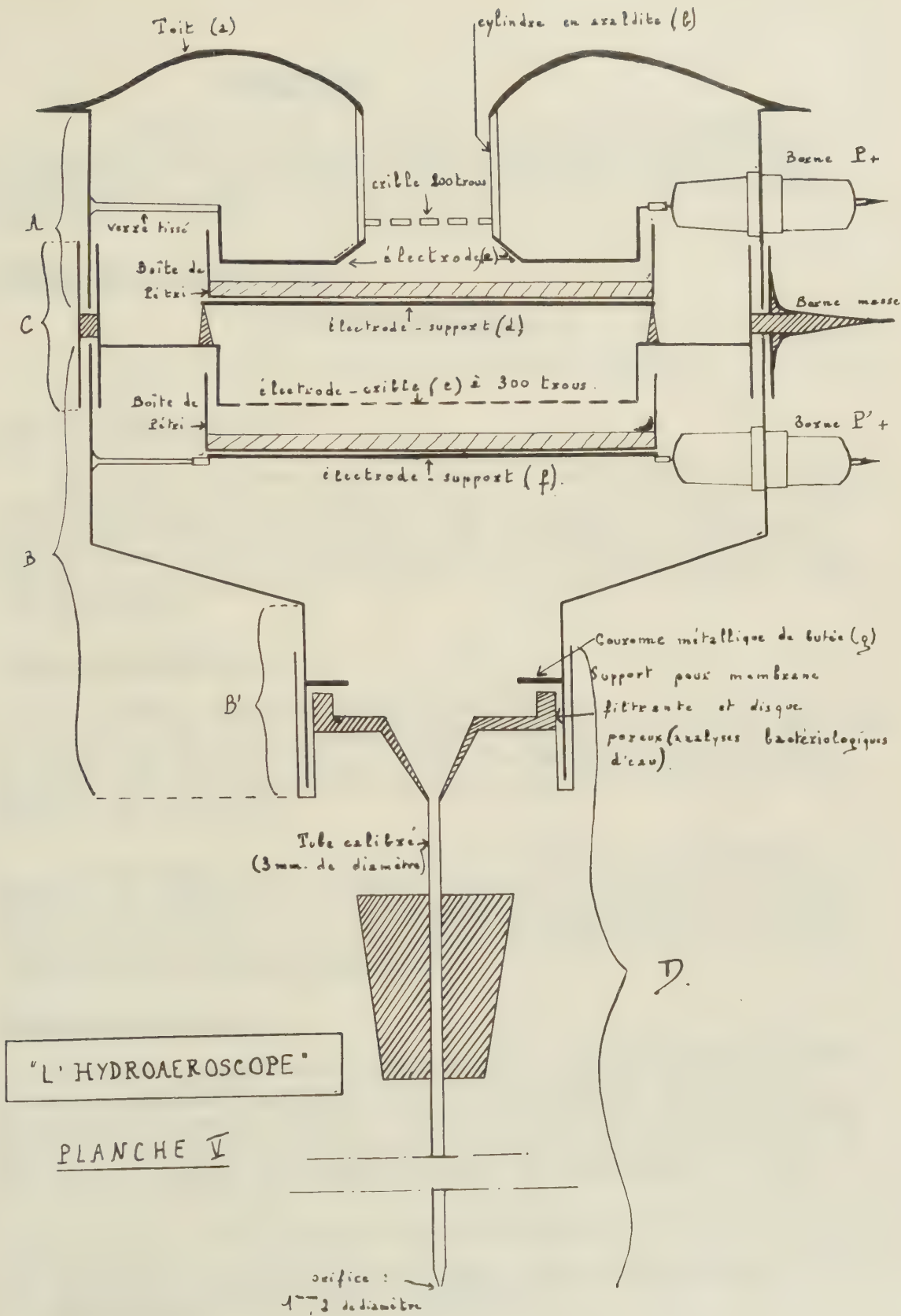
Les résultats obtenus avec les appareils modernes sont incontestablement supérieurs à ceux des appareils anciens; quel que soit le procédé utilisé, l'efficacité est nettement accrue.

Comme nous venons de le voir, chacun de ces appareils présente des avantages et des inconvénients, en particulier au sujet de:

- la dissociation des germes,
- le nombre recueilli,
- la possibilité de culture directe sur milieux solides,
- la possibilité et la facilité de stérilisation,
- la possibilité de recueillir les virus.

Il nous a paru possible de construire un appareil maniable et portatif qui répond à ces exigences et qui facilite ainsi l'étude de la flore aérienne.







## DESCRIPTION

L'Hydroaéroscope se présente sous forme d'un cylindre de métal cadnié dont les dimensions sont relativement réduites (fig. 5): il se compose de deux armatures circulaires A et B, qui sont emboîtées de façon étanche dans un manchon C.

### Description proprement dite.

#### 1° - Armature supérieure A.

Elle comprend elle-même les parties suivantes:

##### Toit de l'appareil a:

La partie supérieure de A qui forme le toit de l'appareil présente extérieurement une surface régulière, sans aspérités, dont nous avons spécialement étudié la forme afin de réduire au minimum les perturbations de l'air aspiré. Le tore elliptique constituant cette surface est prolongé tangentielllement par un cylindre que nous décrivons maintenant.

##### Cylindre en araldite b:

La matière diélectrique utilisée, l'araldite, est une résine synthétique qui, outre ses propriétés isolantes remarquables, se soude de façon très satisfaisante au métal. Par ailleurs, elle peut être portée à 120° sans être détériorée et ne gêne ainsi en rien la stérilisation de l'appareil.

Le cylindre, ouvert dans sa partie supérieure à l'air libre, présente un orifice qui peut être facilement obturé par un bouchon de coton ou de caoutchouc. La partie inférieure du cylindre est formée par un filtre à trous qui a été calculé pour permettre une bonne dissociation des poussières-supports.

##### Plateau-électrode c:

Celui-ci, perforé d'un orifice central, laisse passer le courant d'air qui cheminera entre c et d. D'autre part, il est solidaire du cylindre d'entrée b et de l'armature supérieure proprement dite par l'intermédiaire d'une couronne isolante en "verre tissé" (1). Ce plateau est relié à une borne de sortie P soigneusement isolée.

---

(1) Le "verre tissé" est un remarquable isolant diélectrique moderne, résistant aux très hautes températures.



## 2°- Armature moyonne C.

Le manchon central est composé de deux cylindres métalliques concentriques, entre lesquels viennent s'enboîter les armatures A et B. Les dimensions sont calibrées de telle manière que l'enboîtement se fasse avec un léger frottement; on obtient ainsi une étanchéité parfaite.

A l'intérieur se trouve soudée une couronne métallique qui supporte:

- le plateau-électrode en laiton d.
- le deuxième filtre à trous e: il est composé d'une pièce circulaire en laiton, percée de 300 trous de 0,8mm de diamètre (cf. principes). Ce crible sert également de plateau-électrode pour le deuxième ensemble électrostatique de l'appareil.

## 3°- Armature inférieure B.

Cette armature supporte le plateau-électrode f: plaque de laiton nu, reliée à une borne isolante P'. Ce plateau, amovible pour permettre les analyses bactériologiques d'eau, est soutenu par trois supports d'araldite, solidaires de l'armature B.

La partie inférieure de l'armature B est formée par un cylindre B', usiné de telle manière qu'il vienne s'enboîter de façon étanche dans la dernière partie D de l'appareil.

Une couronne métallique g, en relief intérieurement, sert de butée à la membrane filtrante que l'on peut ainsi coincer entre les parties B et D de l'appareil, lors des analyses bactériologiques d'eau.

## 4°- Cylindre terminal D.

Cette partie, outre sa facilité de fermeture par enboîtement, sert de support au disque poreux et à la membrane filtrante lors des analyses d'eau; elle est pourvue d'un tube de 3mm. de diamètre, de 20cm. de longueur se terminant par une extrémité effilée de 1,2mm de diamètre. Celle-ci plonge dans une fiole de Kitasato. L'air arrive ainsi à forte vitesse, dissocie les particules éventuelles par la violence du jet et barbote dans le liquide contenu au fond du flacon, en y déposant ses gaz solubles (on aborde là une autre possibilité de l'appareil).

## Montage de l'Hydroaéroscope.

Les parties métalliques des armatures A et B, du manchon central C et du cylindre D, sont en acier cadmié. Les plateaux-électrodes c, d, e et f sont en laiton nu. Les parties isolantes sont en araldite et "verre tissé".

Toutes les parties métalliques sont réunies au potentiel électrique zéro, à l'exception des deux plateaux c et f qui sont isolés



et reliés à la très haute tension par l'intermédiaire de deux bornes isolantes P et P'.

La liaison des masses métalliques au potentiel zéro est faite par une tige d'acier cadnié M, en saillie à l'extérieur du manchon C.

L'ensemble est monté de façon amovible sur une plaque également en acier cadnié; cette plaque possède des gonds et se fixera à la façon d'une porte sur le côté du châssis contenant l'appareillage auxiliaire. Elle est également prévue pour recevoir la fiole de Kitasato. L'ensemble, appareil et plaque-support, peut être porté à l'autoclave et subir une température de  $120^{\circ}$  sans aucune déformation: il est ainsi possible d'obtenir la stérilisation de l'appareil monté.

D'autre part, un système d'ouverture simultané des deux armatures A et B, permettant de placer rapidement les boîtes de Pétri à l'intérieur de l'appareil, est également prévu: en effet, sur la face opposée à l'appareil, la platine support est pourvue d'un bouton moulé qui actionne un engrenage d'ouverture et fermeture de l'Hydroaéroscope. Enfin, la platine étant rabattue en position de fonctionnement, une butée interdit l'ouverture du récepteur. Toute fausse manœuvre est ainsi évitée.

#### Appareillage auxiliaire.

Le châssis sur lequel vient se fixer l'Hydroaéroscope contient l'aspirateur, le générateur de la très haute tension électrostatique, les circuits de commande et de contrôle.

#### L'aspirateur:

Il est du type "pompe à membrane". Il est entraîné par un moteur universel dont on peut régler la vitesse: en fait, on règle le débit de l'aspirateur à l'aide d'un rhéostat à 10 positions: nous obtenons ainsi 10 débits différents étagés de 3 litres/minute à 9 litres/minute.

On trouve sur le côté du châssis une tubulure en laiton (entrée d'aspiration) dont l'embout a le même diamètre que l'orifice de sortie de la fiole de Kitasato. Il suffit ainsi de relier ses deux extrémités par un tube de caoutchouc pour réaliser la jonction aspirateur-appareil.

Le refoulement se fait sur le côté opposé du châssis. Cette sortie d'air peut être reliée à un débit/mètre permettant ainsi le contrôle éventuel de l'étalonnage de l'appareil.

Une deuxième tubulure permet d'utiliser éventuellement la pompe en compresseur.



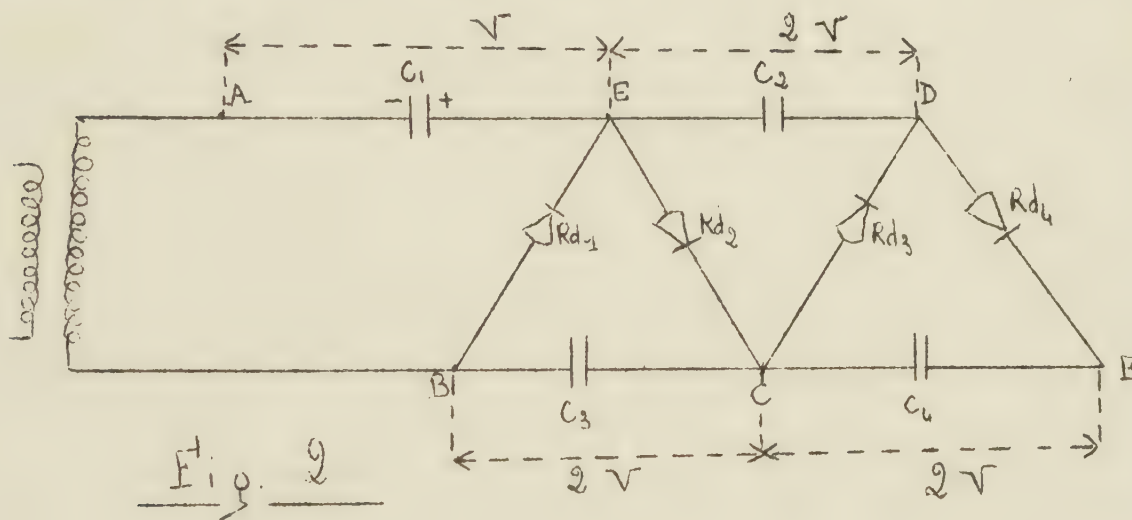
Les vibrations de l'ensemble moteur-pompe sont amorties par une suspension à ressorts.

Nota: Tous les tuyaux de caoutchouc, utilisés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'appareil, ont le même calibre.

### Le générateur de haute Tension

C'est un quadrupleur de tension du type Greinacher (fig.2).

La tension alternative est fournie par un transformateur branché sur le secteur. Ce montage permet d'avoir un pôle commun à la terre entre le secondaire du transformateur et le réseau continu; ce pôle constitue le potentiel zéro et il est relié à la masse métallique du châssis. Voici une description sommaire du fonctionnement de ce montage: le transformateur charge  $C_1$  à la valeur crête  $V$  de la tension alternative quand il a le sens B positif



$C_1$  reste chargé à  $V$  s'il n'y a pas de débit redressé et si les redresseurs sont parfaits. Pendant la deuxième alternance, A devient positif. En série avec  $C_3$  on a alors le secondaire du transformateur plus  $V$  et  $C_3$  va se charger à  $2V$ .

Si de nouveau B est positif,  $C_2$  va être chargé par la force électromotrice maximum  $V + 2V - V$  selon le trajet B C D E A, soit  $2V$ .

Ensuite, C sera chargé sous:  $V + 3V - 2V$ , soit  $2V$ .

On aura donc au total entre B et F:  $4V$ .

Ce raisonnement, correct lorsque le débit redressé est nul, reste ici sensiblement valable puisque le débit est très faible.



# Appareillage électrique de l'Hydroaéroscope

$R_1$  et  $R_2$  : fusibles  
 $T$  : transformateur  
 $P$  : potentiomètre  
 $C_1, C_2, C_3$  et  $C_4$  : condensateurs  
 $R_{d1}, R_{d2}, R_{d3}$  et  $R_{d4}$  : redresseurs  
 $V_1$  et  $V_2$  : voyants  
 $C_{m1}$  : commutateur inverseur  
 $C_{m2}, C_{m3}$  et  $C_{m4}$  : commutateurs  
 $R_{ad}$  : résistances additionnelles  
 (galvanomètre)  
 $G$  : galvanomètre  
 $A$  : groupe d'aspiration  
 $R_d$  : résistance de décharge

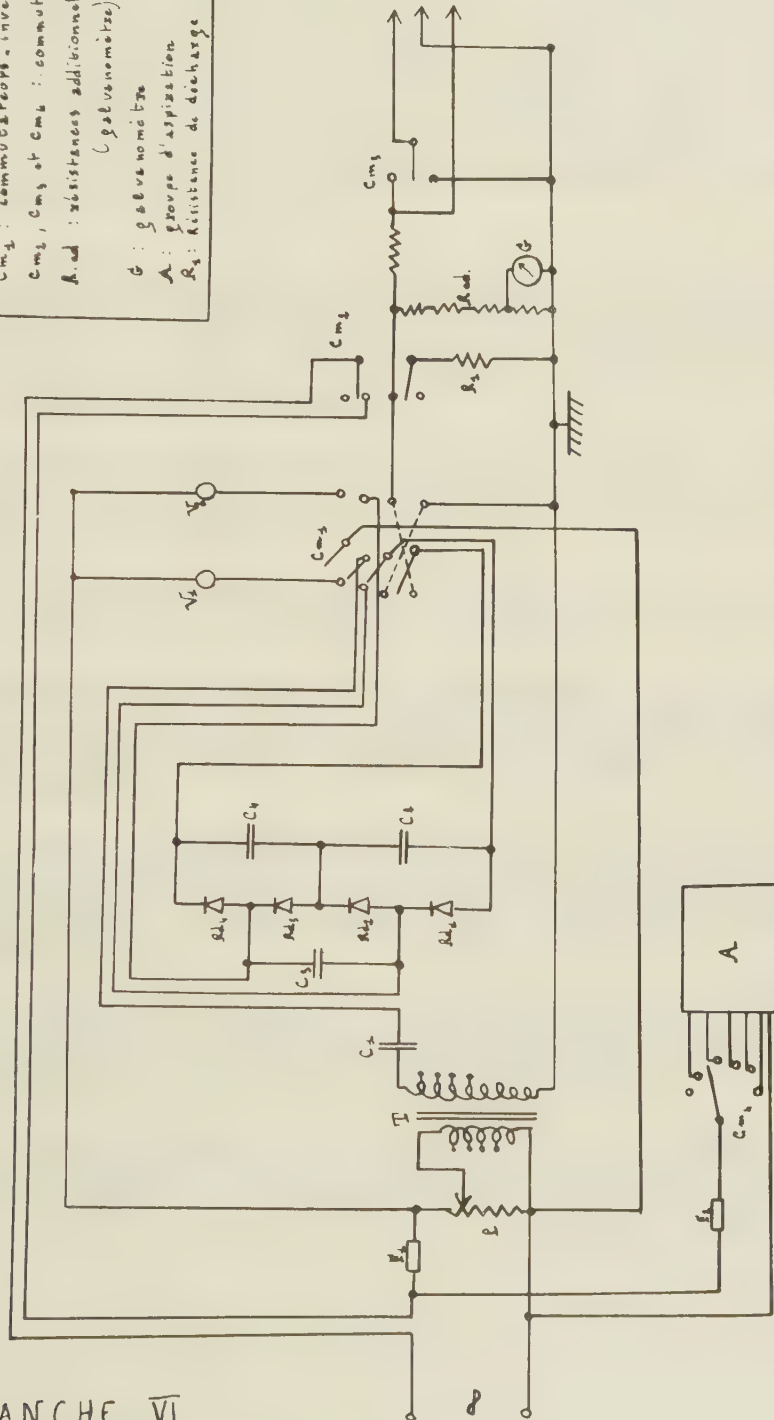


PLANCHE VI



Les redresseurs utilisés sont du type sélénium-fer; ils sont composés de cellules de petit diamètre, légères et peu volumineuses.

L'ensemble du générateur de tension est représenté schématiquement Planche 6. Un potentiomètre  $P_1$  permet de faire varier la tension alternative appliquée au primaire du transformateur et, par suite, la haute tension redressée. Un inverseur  $Cn_1$  permet d'obtenir à la demande une haute tension positive ou négative, tandis que simultanément un des voyants de signalisation  $V_1$  ou  $V_2$  s'éclaire. Un galvanomètre de contrôle, muni de sa résistance additionnelle permet de repérer la haute tension redressée.

Un commutateur à deux positions  $Cn_2$  permet d'établir le courant au primaire du transformateur en assurant le branchement de la tension redressée sur les circuits de sortie. Il permet également de couper le circuit primaire et de décharger simultanément les condensateurs du système de redressement.

Un commutateur  $Cn_3$  permet de porter à la masse la borne reliée au plateau c de l'Hydroaéroscope, quelques secondes avant la fin de l'opération (30 secondes).

Deux fusibles de protection sont montés, l'un sur le système redresseur, l'autre sur le moteur de la pompe.

Le rhéostat de ce moteur, le galvanomètre G, le potentiomètre  $P_1$ , les voyants  $V_1$  et  $V_2$ , les commutateurs  $Cn_1$ ,  $Cn_2$ ,  $Cn_3$  et les fusibles  $F_1$  et  $F_2$  sont fixés sur le pupitre de commande à la partie supérieure du châssis.

Un cordon électrique permet de relier l'appareil au courant secteur 115 volts, 50 périodes; un commutateur général placé sur le côté du châssis permet le fonctionnement de la pompe seule indépendamment de la haute tension.

Un dispositif de sécurité interdit la formation de la haute tension redressée tant que la plaque supportant l'Hydroaéroscope n'est pas rabattue à sa place sur le flanc du châssis.

En un mot, l'ensemble de l'appareil, Hydroaéroscope et circuits annexes, se présente sous forme d'un châssis fermé, assurant toute sécurité à l'opérateur et facilement transportable grâce à deux poignées.



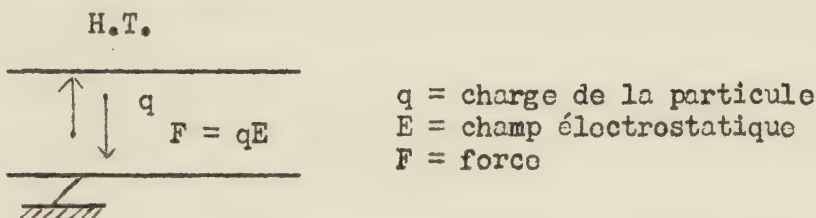
## PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

Il s'agit là d'un appareil électrostatique, muni de cribles de dissociation pour les poussières-supports; les germes se déposent directement sur les milieux de culture contenus dans des boîtes de Pétri.

De plus, un appareil à barbotage permet la récolte des virus et le contrôle du bon fonctionnement quantitatif de l'Hydroaéroscope.

### 1°- Principe électrostatique

L'aspiration fait passer l'air et les particules qui s'y trouvent en suspension entre deux plateaux dont l'un est à un potentiel électrique très élevé et l'autre à un potentiel zéro.



Les particules, généralement chargées, se trouvent soumises à un champ électrostatique  $E$  très élevé (plusieurs milliers de volts par cm.). Selon la nature de leur charge, elles sont précipitées sur l'un ou l'autre plateau avec une force proportionnelle au champ et à la charge de la particule (1). Une boîte de Pétri contenant le milieu de culture est placée sur le plateau inférieur et les particules de nature conductrice ou diélectrique y adhèrent fortement.

Le plateau supérieur est, au contraire, en laiton nu: à son contact, les particules de nature conductrice perdent leur charge initiale pour prendre une charge de même signe que celle du plateau. Leur adhérence au laiton est réduite: sous l'effet du déplacement d'air, elles vont se détacher et se fixer sur le plateau inférieur, c'est-à-dire sur le milieu de culture.

Les particules de nature diélectrique ne perdent pas leur charge au contact du plateau supérieur. Ce plateau sera réuni au potentiel zéro quelques instants avant la fin de la prise d'air (30 secondes). Les particules se détacheront alors sous l'influence du courant d'air et seront entraînées vers un deuxième ensemble de plateaux-

(1) Le champ entre les deux plateaux étant uniforme, les phénomènes d'influence se traduiront uniquement par des forces intérieures dont la seule tendance sera de dissocier la particule.



électrodes, identique au premier, mais dont les potentiels sont inversés (plateau supérieur au potentiel zéro et plateau inférieur au potentiel très élevé). Par suite de leur charge, les particules seront, cette fois, précipitées sur le plateau inférieur, c'est-à-dire sur le milieu de culture.

## 2° - Principe de la dissociation des particules.

L'air est aspiré dans l'atmosphère, ou à partir d'une chambre de nébulisation, à raison de plusieurs litres par mn. (de 3 à 9 litres/mn.).

Un crible, à 200 trous de 0,8mm. de diamètre, dissocie les poussières dès l'entrée et assure une répartition régulière sur le milieu de culture.

Un autre filtre, de 300 trous, joue le même rôle vis-à-vis du deuxième milieu.

De plus, le déplacement d'air se fait dans un sens déterminé, qui tend à précipiter les particules sur les boîtes de Pétri, renforçant ainsi l'effet électrostatique.

Il est à noter que le poids des particules est négligeable devant les autres forces développées. D'ailleurs, il ne ferait qu'ajouter à l'efficacité de l'appareil.

L'importance de la disposition des trous sur les cribles, de leur orientation, est considérable. La disposition géométrique des trous a été choisie de façon à permettre une répartition régulière des germes sur le milieu de culture.

En effet, nous désirions que le flux d'air par unité de surface soit le même au centre et à la périphérie des filtres.

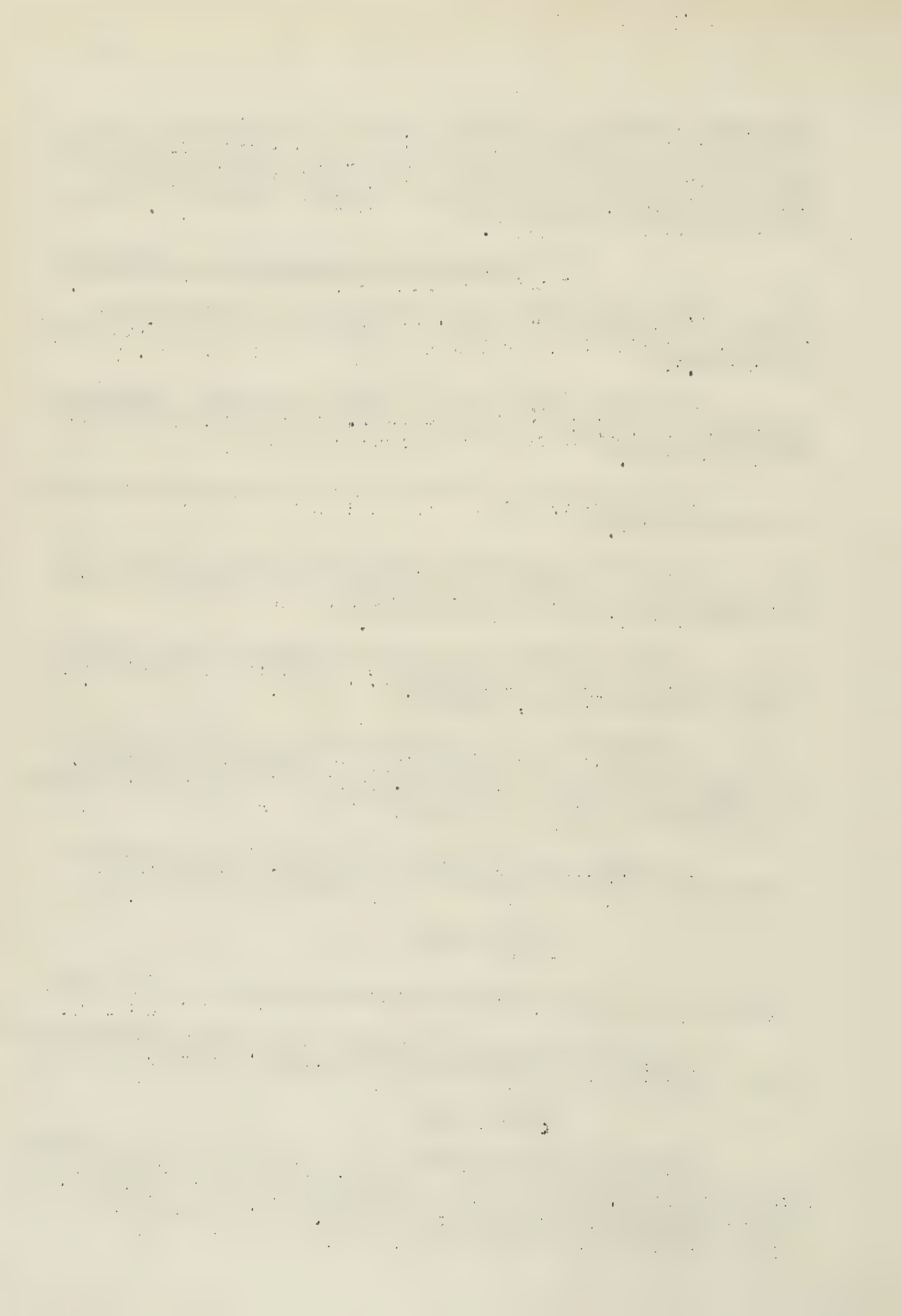
$$\frac{\Delta \bar{q}}{\Delta S} = \text{cte}$$

$\Delta \bar{q}$  étant le flux à travers une portion de surface  $\Delta S$  du filtre.

Or, si  $v$  désigne la vitesse du filet d'air traversant  $\Delta S$  et si  $\Delta s$  désigne la section totale des trous contenus dans  $\Delta S$ :

$$\Delta \bar{q} = v \Delta s$$

Pour une couronne centrée en O, la vitesse  $v$  est la même en tous les points. Par contre, pour des couronnes de même largeur  $l$  mais de rayons différents,  $v$  est différent. Si l'on admet que  $v$  est proportionnelle au rayon  $R$ , on voit que, dans la formule:



$$\frac{v \Delta s}{\Delta S} = \text{cste}$$

$\Delta S$  étant proportionnelle à R,  $\Delta s$  ne peut être que constant.

En un mot, si l'on convient de percer des trous de diamètre identique pour des couronnes de même largeur régulièrement réparties, le nombre de trous sera constant.

On a ainsi choisi 17 couronnes de 16 trous chacune et, au centre, dans un cercle de 3mm. de diamètre, 28 trous régulièrement répartis, soit au total 300 trous de 0,8mm. de diamètre pour le filtre c et 200 trous pour le filtre du cylindre B.

### 3°- Principe du barbotage

L'air s'étant ainsi déchargé de ses germes par passage dans les champs électrostatiques, pénètre ensuite dans un tube de faible diamètre et dont l'extrémité capillaire plonge dans un milieu liquide. Par passage dans ce long tube très fin, le jet d'air acquiert une grande violence, réalisant en quelque sorte un "impigement".

Nous voyons dès lors l'intérêt de ce dispositif permettant d'une part un contrôle rigoureux et, d'autre part, la récolte des virus. Nous développerons plus loin ce point de vue.

Ainsi, dissociation des poussières, précipitation électrostatique, répartition régulière des germes, possibilité de contrôle par barbotage et récolte des virus, telles sont les principales propriétés de l'Hydroaéroscope.



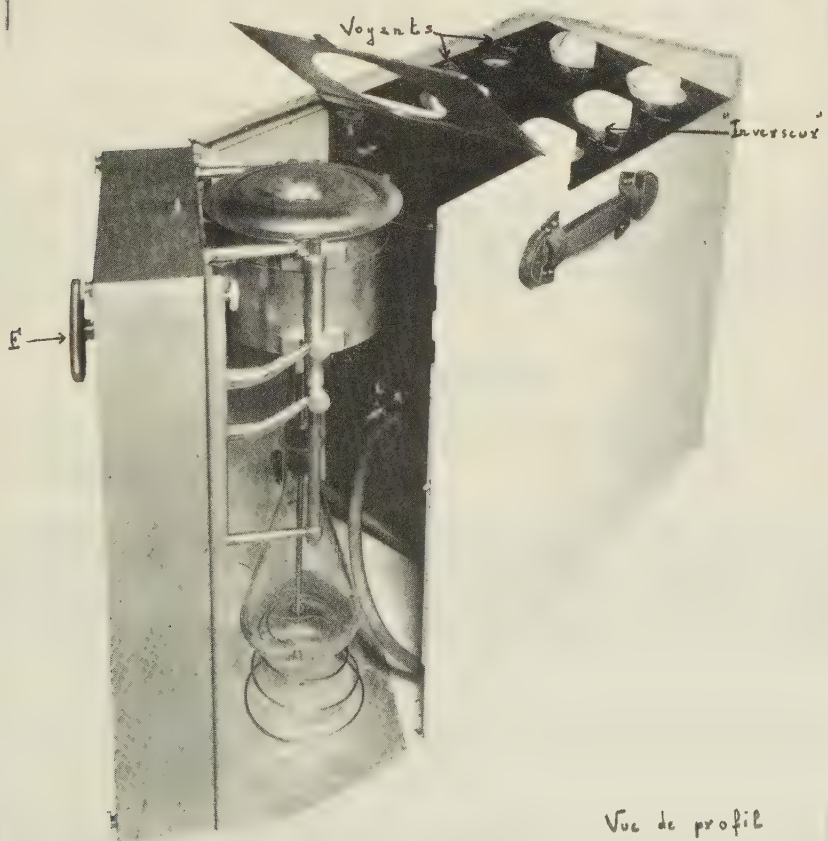
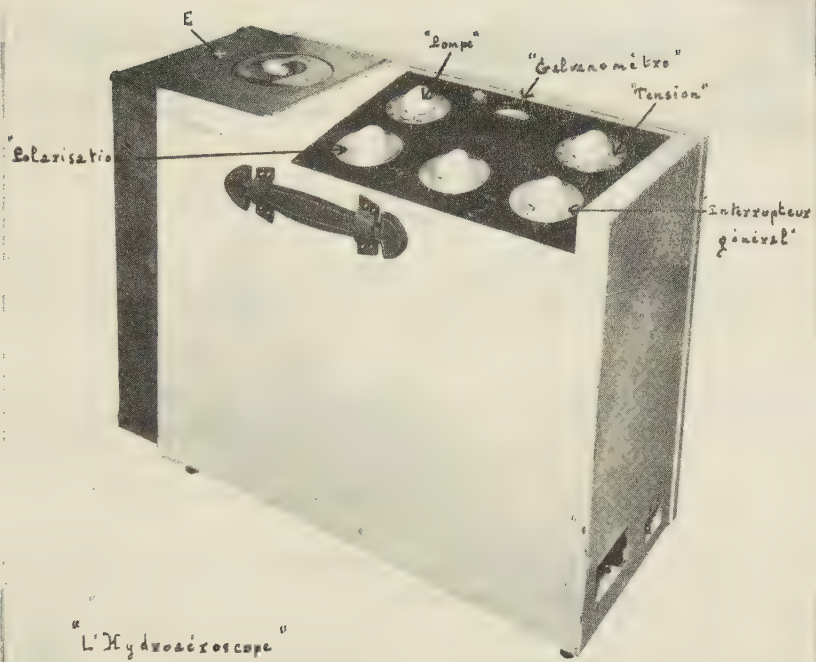


PLANCHE VII

Vue de profil  
de "L'Hydroscoposcope" ouvert.



## LES DIVERS EMPLOIS DE L'HYDROAEROSCOPE

### Utilisation de l'Hydroaéroscope lors des analyses bactériologiques de l'air.

#### 1°- Préparation de l'appareil (Planches 7-8).

On ouvre la porte-support après avoir dévissé le bouton E, puis on manœuvre le volant F pour ouvrir l'Hydroaéroscope proprement dit.

Deux boîtes de Pétri, contenant le milieu de culture choisi, sont alors introduites dans l'appareil:

- l'une est placée sur l'électrode supérieure (d),
- l'autre, sur l'électrode inférieure (f).

En manœuvrant à nouveau le volant F, on referme l'Hydroaéroscope. Enfin, on abaisse verticalement l'ensemble (D), jusqu'à ce qu'il soit complètement indépendant de la partie (B') et l'on introduit 25 cc. d'eau physiologique ou d'eau distillée tamponnée, dans la fiole de Kitasato. L'ensemble (D) est à nouveau emboîté dans (B').

L'appareil étant ainsi monté, on enlève la porte qui supporte l'Hydroaéroscope et l'on porte le tout à l'autoclave.

La stérilisation peut être faite à 120° sans aucun inconvénient pour l'appareil.

Après stérilisation, la porte est replacée sur ses gonds et le tuyau en caoutchouc d'aspiration est ajusté sur le bec de sortie de la fiole de Kitasato. La porte est ensuite refermée et les électrodes se mettent automatiquement en place.

#### 2°- Réglage de l'appareil.

Avant de commencer le prélèvement d'air, il y a lieu d'effectuer les réglages suivants:

- réglage du débit de l'aspirateur, en plaçant l'index du bouton "Pompe" devant le chiffre gravé sur l'appareil et correspondant au débit choisi. Les débits faibles sont recommandés lorsque l'air est très chargé en poussières (3,6 à 4 litres/mn.), les débits forts pour des airs moins pollués (7,5 à 9 litres/mn.).

Dans la pratique, on obtiendra toujours de très bons résultats avec un débit moyen de 5 litres/mn.

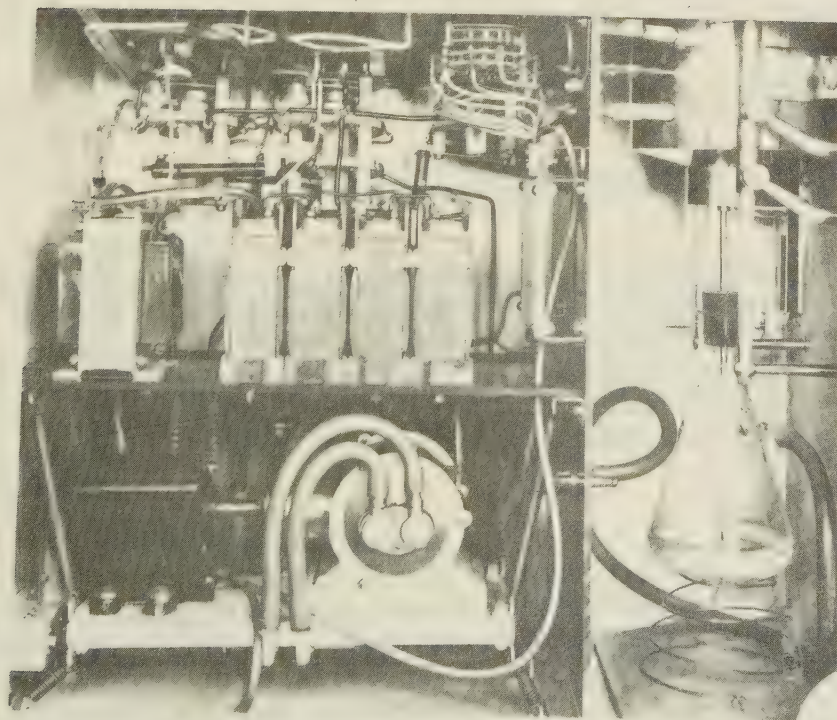
- réglage de la Haute Tension au voltage désiré, en plaçant l'index du bouton "H.T." devant le chiffre gravé sur l'appareil et correspondant au voltage choisi; un galvanomètre permet de vérifier avec une grande



PLANCHE VII



"L'Hydroacroscope" ouvert; vue de face.



"L'Hydroacroscope": vue intérieure



précision le voltage obtenu. L'appareillage électrique assure à l'Hydroaéroscope des tensions variant de 0 à  $\pm 10.000$  volts. Les meilleurs résultats seront obtenus avec une tension de 8.000 volts, mais il sera toujours possible à l'opérateur de diminuer cette tension (en atmosphère très humide par exemple). En effet, la règle générale consiste à faire travailler l'Hydroaéroscope sous la tension limite de "claquage", c'est-à-dire à une tension très légèrement inférieure à celle déterminant la première étincelle entre les deux plateaux-électrodes.

En pratique, une tension de 8.000 volts convient toujours, sauf en cas d'humidité excessive (plus de 85%) où il est nécessaire de la diminuer. En atmosphère très sèche, au contraire, on peut atteindre 10.000 volts.

- placer le bouton de l'inverseur sur la position choisie: + ou -.
- mettre l'électrode supérieure sous tension positive, en plaçant l'index du bouton de commande sur le mot "Polarisation".

### 3°- Mise en marche et prélèvement.

L'interrupteur général est placé sur la position "Marche" et l'appareil effectue le prélèvement d'air selon le débit, la tension et la durée choisis par l'opérateur, mais: 30 secondes avant la fin du prélèvement, il est nécessaire de placer le bouton du commutateur de l'électrode supérieure sur la position "Masse"; l'électrode supérieure (c) change ainsi de signe et, de ce fait, les particules qui s'y trouvaient accolées sont libérées, entraînées dans le circuit d'air et viennent se déposer sur les boîtes de Pétri (cf. principes).

Lorsque le prélèvement est terminé, on arrête l'appareil en plaçant l'index du commutateur général sur la position "Arrêt".

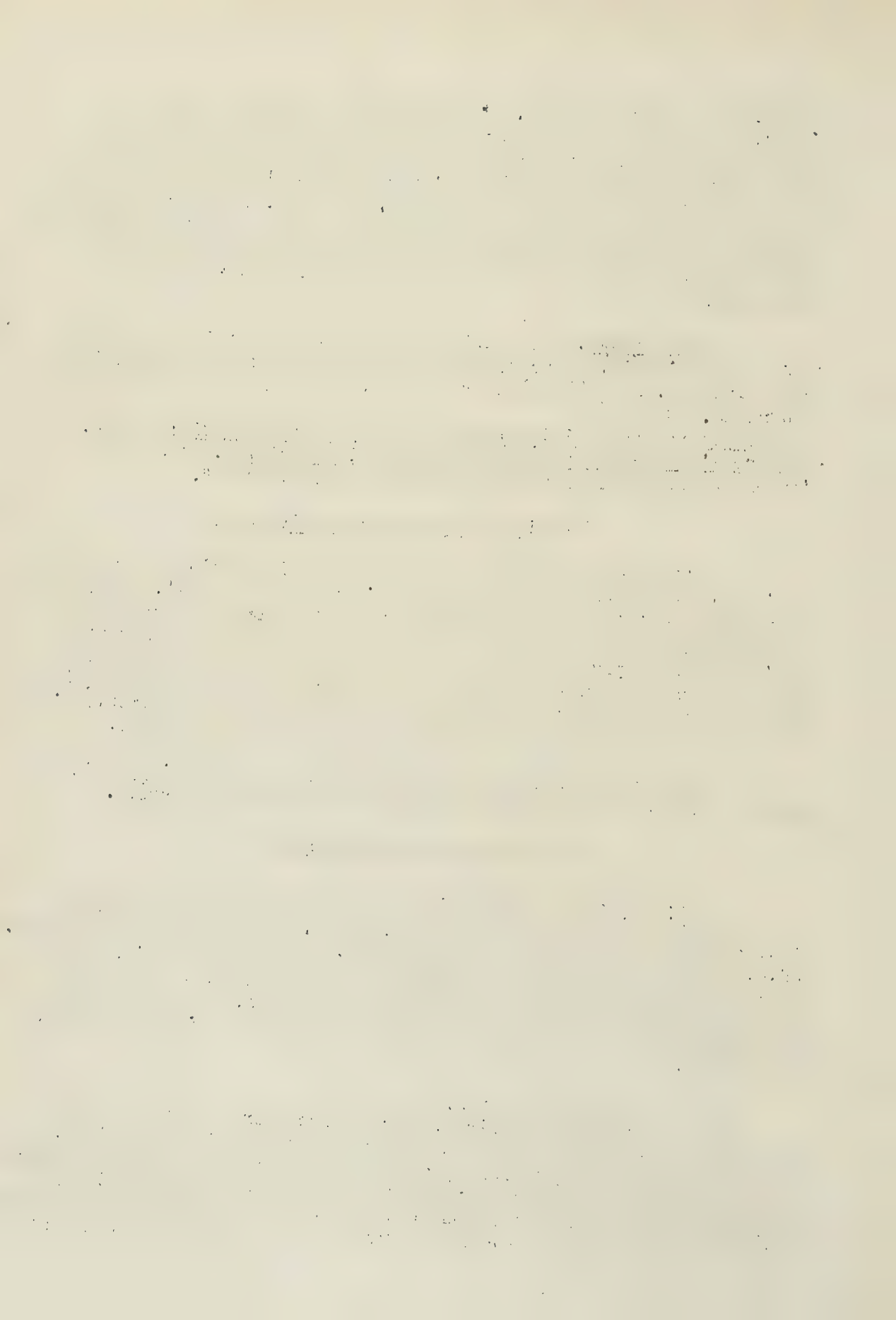
### 4°- Résultats du prélèvement.

#### a) récolte des germes.

Il suffit d'ouvrir l'Hydroaéroscope en manœuvrant le volant F et de retirer les boîtes de Pétri à l'aide d'une pince brucelle flambée. Enfin, on sépare du reste de l'appareil l'ensemble (D) en l'abaissant verticalement; on débouche la fiole de Kitasato et son contenu est ensémené immédiatement sur les milieux appropriés: on a ainsi un contrôle rigoureux du bon fonctionnement quantitatif de l'appareil électrostatique.

#### b) récolte des virus.

Pour la recherche des virus, il faut inoculer le contenu de la fiole à des animaux ou à des oeufs embryonnés: en effet, les virus, très fines particules, ne sont pratiquement pas retenus dans les champs électrostatiques et passent à travers les "filtres électrostatiques" alors que les bactéries se déposent dans les boîtes de Pétri; le liquide de la fiole de Kitasato ne contient donc que les virus éventuellement



présents dans l'air prélevé. De plus, pour éviter une contamination toujours possible de l'eau physiologique par quelques bactéries, il est préférable d'additionner celle-ci d'antibiotiques.

c) recherche des gaz toxiques ou anormalement présents dans l'échantillon d'air prélevé.

L'eau contenue dans la fiole de Kitasato renferme les gaz qui se sont dissous lors du prélèvement d'air. Le faible diamètre de l'extrémité du tube capillaire plongeant dans le liquide favorise la dissolution des gaz, à condition que le débit reste faible (3 litres/mn.).

Quant aux gaz insolubles, ils sont recueillis à la sortie de l'aspirateur grâce à une tubulure débouchant sur le côté de l'appareil.

Il est donc possible de procéder à toutes les analyses chimiques désirables et de détecter, par exemple, la présence de gaz toxiques.

#### Utilisation de l'Hydroaéroscope pour les analyses bactériologiques d'eau - Colinétrie sur membrane.

##### 1) Préparation de l'appareil.

Pour effectuer ces prélèvements, il faut démonter partiellement l'appareil en retirant les parties A et C: cela s'effectue très facilement grâce à des boutons moulés réservés à cet usage. On utilise donc uniquement les ensembles D et B après avoir retiré l'électrode-support f qui repose simplement sur 3 pivots.

Puis on introduit sur le "support" de la partie D un disque de verre poreux.

L'appareil est ensuite stérilisé.

D'autre part, on stérilise par ébullition douce en eau distillée (2 fois 20 mn. en changeant d'eau) une membrane filtrante en cellulose et ester-sels de cellulose qui possède la propriété de retenir la totalité des germes de l'eau. Cette membrane est ensuite déposée sur le disque de verre poreux, l'appareil est alors en ordre de marche.

##### 2) Fonctionnement.

Une certaine quantité d'eau à analyser est versée dans le réservoir, puis on met l'aspirateur en marche en utilisant le débit maximum. Enfin, le réservoir est rincé avec 50cc. d'eau stérile.

##### 3) Résultat du prélèvement.

On enlève la membrane et on la dépose sur le milieu choisi: milieu de Chapmann au chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium et tergitol 7, par exemple, qui constitue un des meilleurs milieux.



Utilisation de l'Hydroaéroscope pour les analyses organiques et minéralogiques des poussières.

Les milieux de culture sont alors remplacés par des films adhésifs déposés au fond des boîtes de Pétri. Les poussières peuvent ainsi être numérotées et analysées.

Après avoir étudié les multiples usages de l'Hydroaéroscope et ses possibilités de fonctionnement, nous allons voir maintenant quels résultats l'on peut attendre de cet appareil.



## EXPERIMENTATION

### I - Essais physiques.

#### 1) Essais thermiques.

La stérilisation peut être faite à 120° sans aucun inconvénient pour l'appareil, ainsi que le montrent les résultats suivants: nous avons stérilisé l'appareil à 120° pendant 45 minutes, puis pendant 12 heures et enfin à 135° pendant 45 minutes, sans observer aucune altération des tôles, de l'araldite ou du verre tissé.

#### 2) Essais d'étanchéité.

Les essais ont été effectués sur l'appareil, on le remplissant d'abord d'eau, puis d'essence. Dans les quatre heures qui suivirent, il ne se produisit aucune perte de liquide.

#### 3) Essais en tension.

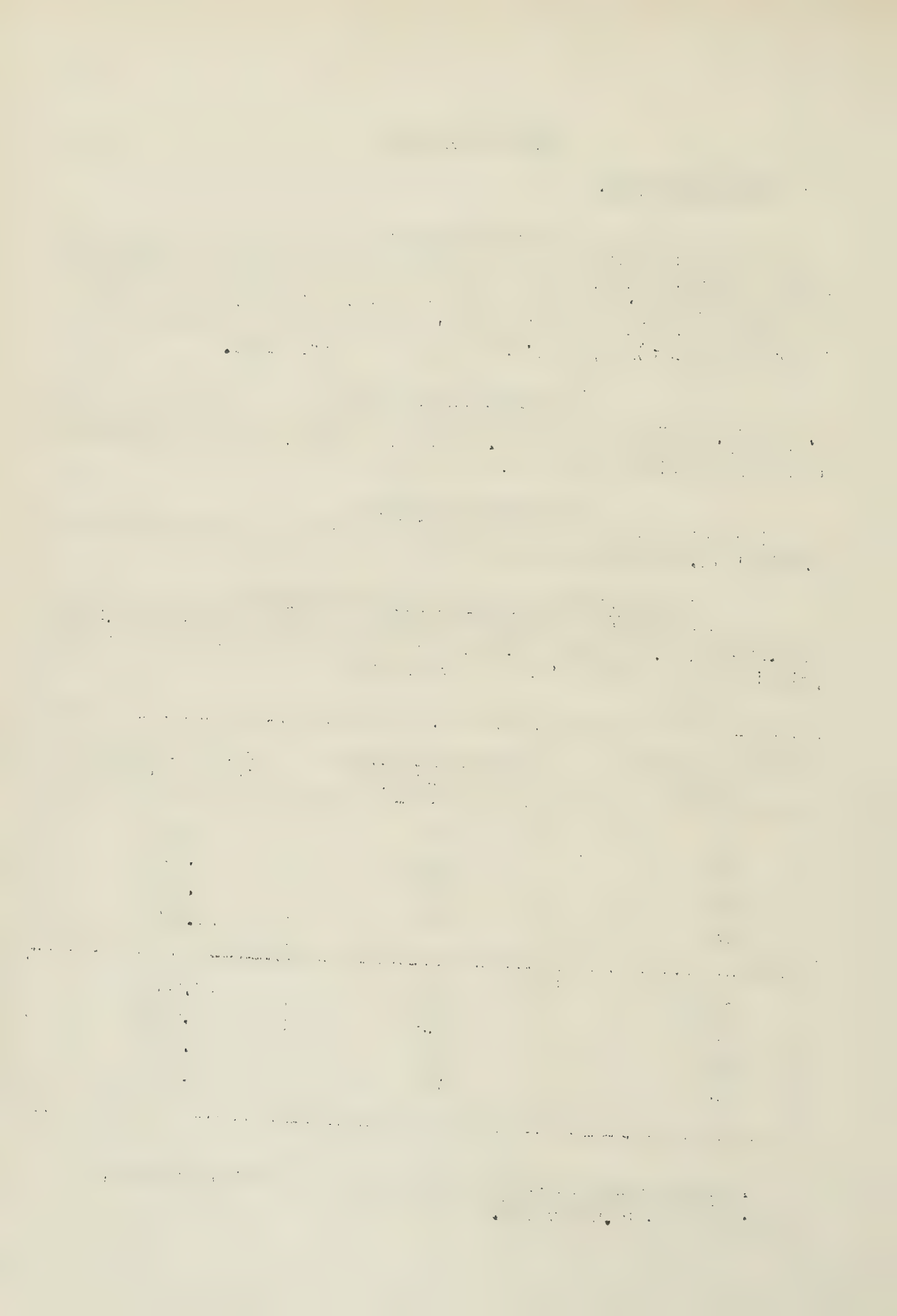
Ils ont consisté en la mesure des débits primaires pour 6.000, 8.000 et 10.000 volts redressés avec et sans appareil.

##### a) avec l'Hydroaéroscope, sans aspiration:

Le transformateur possède 3 prises au secondaire, 4.800, 6.500 et 8.500 volts. L'essai a lieu sur la prise 8.500 volts et la tension primaire est réglée à l'aide du rhéostat.

| Tension primaire<br>(volts) | Courants primaires<br>(milliampères) | Tension redressée<br>(volts continus) |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 70                          | 46                                   | 6.000                                 |
| 93                          | 58,5                                 | 8.000                                 |
| 102                         | 65                                   | 9.000                                 |
| 113                         | 70                                   | 10.000                                |
| 69,6                        | 46                                   | -6.000                                |
| 92,4                        | 58,5                                 | -8.000                                |
| 102                         | 66                                   | -9.000                                |
| 115                         | 75                                   | -10.000                               |

L'appareillage électrique fournit donc la tension demandée, jusqu'à + ou - 10.000 volts.



b) mesure des débits primaires sans l'Hydroaéroscope:

L'expérimentation se fait dans les mêmes conditions que précédemment, mais sans l'appareil.

| Tension primaire<br>(volts) | Courants primaires<br>(milliampères) | Tension redressée<br>(volts continus) |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 68,8                        | 46                                   | 6.000                                 |
| 92,4                        | 58,5                                 | 8.000                                 |
| 113                         | 70                                   | 10.000                                |
| 69                          | 46                                   | -6.000                                |
| 92,6                        | 58,5                                 | -8.000                                |
| 116                         | 73                                   | -10.000                               |

Il ressort de l'étude des deux tableaux précédents que, sans aspiration, l'appareil consomme un débit minime (non chiffrable), le galvanomètre consommant la presque totalité (entre 45 et 70 milliampères selon les tensions).

c) mesure des débits électriques avec l'Hydroaéroscope et aspiration.

Les essais ont été faits sous une tension primaire de 117 volts (tension du secteur).

| Essai sous la tension redressée maximum, soit 10.000 volts |                              | Essai sous la tension redressée minima, c'est-à-dire nulle |                              |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Aspiration<br>(litres/mm.)                                 | Débit (ampères<br>efficaces) | Aspiration<br>(litres/mm.)                                 | Débit (ampères<br>efficaces) |
| 3,8                                                        | 0,70                         | 3,8                                                        | 0,6                          |
| 4                                                          | 0,75                         | 4                                                          | 0,63                         |
| 4,6                                                        | 0,78                         | 4,6                                                        | 0,67                         |
| 5                                                          | 0,82                         | 5                                                          | 0,70                         |
| 5,6                                                        | 0,865                        | 5,6                                                        | 0,74                         |
| 6                                                          | 0,92                         | 6                                                          | 0,79                         |
| 6,6                                                        | 0,99                         | 6,6                                                        | 0,85                         |
| 7,5                                                        | 1,03                         | 7,5                                                        | 0,91                         |
| 8,5                                                        | 1,04                         | 8,5                                                        | 0,93                         |
| 9                                                          | 1,04                         | 9                                                          | 0,92                         |



De l'étude de ce tableau, nous pouvons conclure que le débit consommé est minime; en effet, nous voyons que, pour une aspiration et une tension redressée maxima, le débit emprunté au secteur est de 1,04 ampères, représentant une puissance de:

$$1,04 \times 117 = \underline{\underline{120 \text{ watts}}}$$

En pratique, pour une tension redressée de 8.000 volts et une aspiration de 5 litres/minute (chiffres les plus couramment utilisés), suffit un débit de 0,77 ampère, représentant une puissance de:

$$0,77 \times 117 = \underline{\underline{90,09 \text{ watts}}}$$

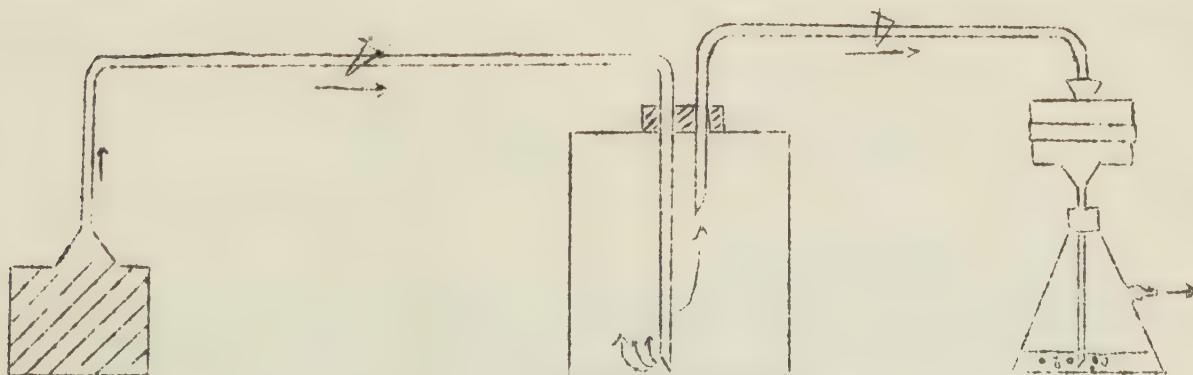
Il ressort de tous les essais précédents que l'appareil supporte sans défaillance les températures de stérilisation, qu'il présente une étanchéité excellente et qu'il est capable d'assurer les hautes tensions demandées jusqu'à + ou - 10.000 volts, tout en exigeant une puissance minime (120 watts au maximum).

## II - Essais bactériologiques.

### 1) Rôle et efficacité des champs électrostatiques dans les prélèvements bactériologiques de l'air.

Dans une série d'expériences, nous avons vérifié l'aide puissante que pouvaient apporter les champs électrostatiques dans les prélèvements bactériologiques d'air.

Pour avoir des résultats comparables, nous avons opéré en atmosphère confinée artificielle, constituée par le mélange de germes suivants: *B. prodigiosus*, *B. subtilis* et *Staphylocoque blanc*; nous avons utilisé le montage ci-dessous:



Aérosoliseur contenant le mélange de germes connus à une dilution donnée.

Flacon de 5 litres saturé de germes pendant 30 secondes, avant le prélèvement.

L'Hydroaéroscope.



L'Hydroaéroscope est stérilisé à 120° à l'autoclave pendant 45 minutes. Le prélèvement a lieu sur des boîtes de Pétri contenant de la gélatine et l'aspiration se fait sous une dépression de 15 cm. de mercure, dure 5 minutes avec un débit de 0,5 litre/minute. La tension utilisée est de 8.000 volts.

- Pour chaque essai, on effectue deux expériences:
- 1<sup>re</sup> une avec champ électrostatique
  - 1<sup>re</sup> autre sans champ électrostatique.

Voici les résultats obtenus:

| <u>Pourcentage de germes recueillis avec l'Hydroaéroscope, sans tension, pour 100 germes recueillis avec tension. Leur pourcentage de répartition sur les boîtes de Pétri</u> |                           |            |            |                                                       |        |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|------------|-------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|
| Essais                                                                                                                                                                        | Expériences<br>T.=tension | Boîte sup. | Boîte inf. | Boîte ense-<br>mencée avec<br>H <sub>2</sub> O flacon | Total  | Rapport<br>d'effica-<br>cité de la<br>H. Tension |
| A                                                                                                                                                                             | 1 (8000 v)                | 65,2%      | 34,6%      | 0,05%                                                 | 100    | 5,5                                              |
|                                                                                                                                                                               | 2 (sans T.)               | 12,5%      | 3,5%       | 2%                                                    | 18%    |                                                  |
| B                                                                                                                                                                             | 3 (8000 v)                | 85,5%      | 14,5%      | 0%                                                    | 100    | 6                                                |
|                                                                                                                                                                               | 4 (sans T.)               | 12,8%      | 2,5%       | 1%                                                    | 16,3%  |                                                  |
| C                                                                                                                                                                             | 5 (8000 v)                | 72,5%      | 27,4%      | 0,07%                                                 | 100    | 5,6                                              |
|                                                                                                                                                                               | 6 (sans T.)               | 12,5%      | 4,6%       | 0,65%                                                 | 17,75% |                                                  |
| D                                                                                                                                                                             | 7 (8000 v)                | 59,2%      | 40,7%      | 0,04%                                                 | 100    | 6,8                                              |
|                                                                                                                                                                               | 8 (sans T.)               | 10,3%      | 3,3%       | 0,95%                                                 | 14,55% |                                                  |
| E                                                                                                                                                                             | 9 (8000 v)                | 60,1%      | 39,88%     | 0%                                                    | 100    | 7                                                |
|                                                                                                                                                                               | 10 (sans T.)              | 8,9%       | 3%         | 1,7%                                                  | 13,6%  |                                                  |

Le rapport d'efficacité de la Haute Tension est égal à:  

$$\frac{\text{nombre de germes recueillis sous tension}}{\text{nombre de germes recueillis sans tension}}$$

Ces expériences en atmosphère confinée artificielle ont été reprises en air libre. Mais la composition bactérienne de l'air variant d'une expérience à l'autre, il est difficile d'obtenir des résultats comparables; cependant, sur 30 expériences effectuées, les rapports d'efficacité ont toujours été voisins de ceux obtenus précédemment. En effet, leur valeur est toujours comprise entre:

- 3 et 5 au cours de 6 expériences,
- 5 et 6 au cours de 12 expériences,
- 6 et 7 au cours de 12 expériences.



L'étude de ce tableau nous montre que:

- les germes sont effectivement arrêtés et fixés sur les milieux de culture sous l'influence des champs électrostatiques. En effet, nous remarquons que le pourcentage des germes recueillis dans l'eau physiologique de barbotage est infime (toujours inférieur à 0,1%) alors que, sans tension, ce pourcentage atteint toujours 1 à 2%.

- l'utilisation des champs électrostatiques augmente considérablement la proportion des germes recueillis, puisque nous obtenons en général un rendement 5 à 7 fois supérieur (rapport d'efficacité de H.T.) à celui de l'appareil sans tension.

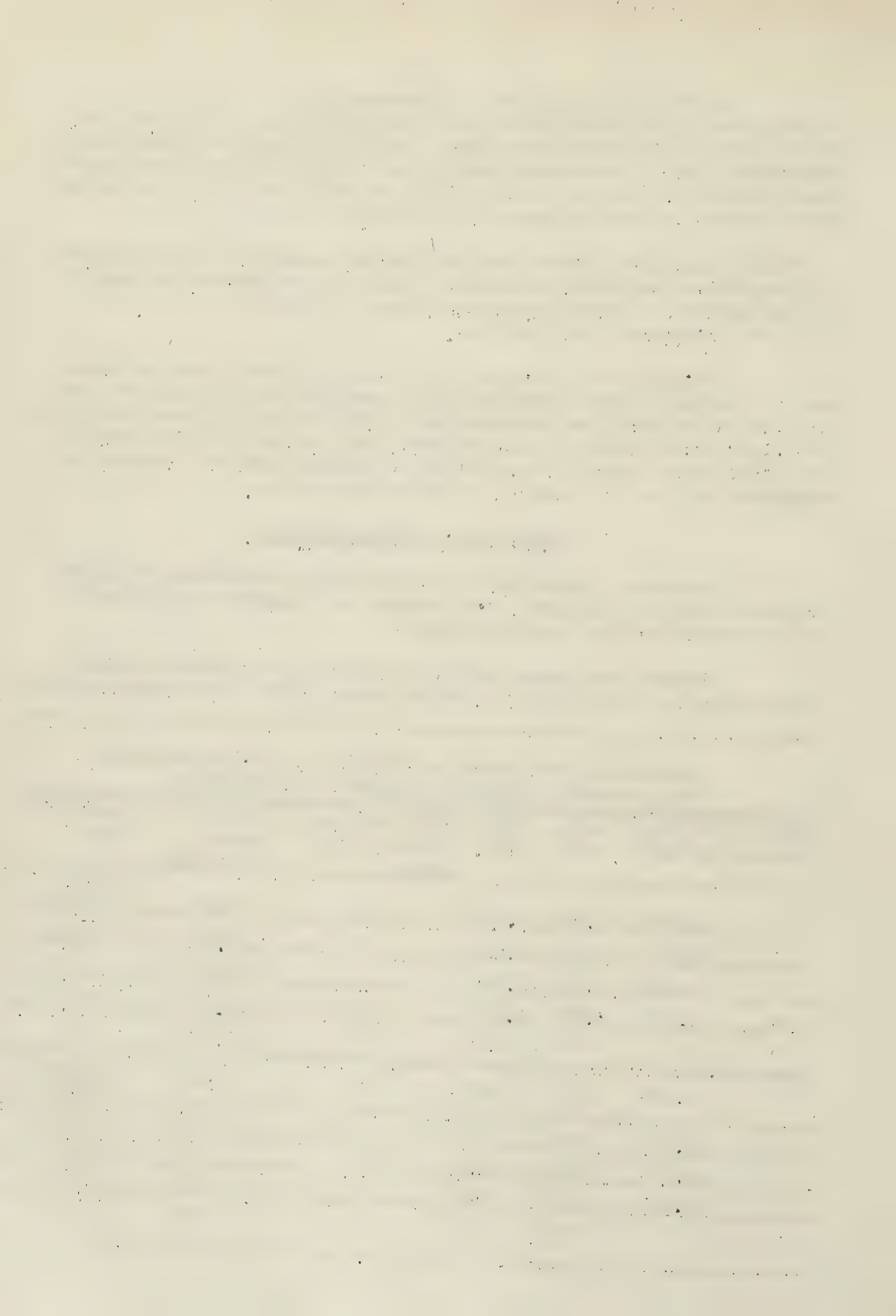
D'autre part, l'examen des boîtes de Pétri, après culture, nous a toujours montré une répartition excellente des germes sur les milieux de culture: les colonies sont bien séparées les unes des autres et il est ainsi facile de les compter. Tout ceci prouve l'efficacité des cribles qui assurent une excellente dissociation des "poussières-supports" et une très bonne répartition des germes.

## 2) Utilité d'une forte tension.

Nous nous sommes placés dans les mêmes conditions d'expérimentation que précédemment, c'est-à-dire en atmosphère artificielle et nous avons utilisé le même montage.

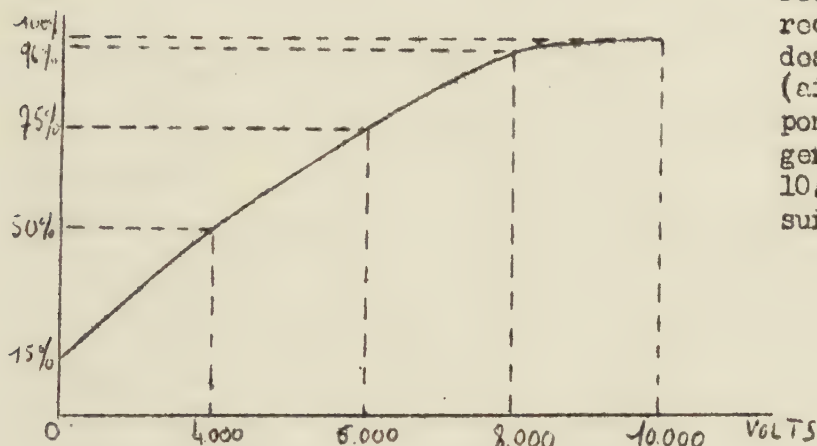
Toutes conditions restant identiques, nous avons simplement fait varier la Haute Tension à chaque essai. Voici les résultats obtenus:

| Pourcentage des germes recueillis avec l'Hydroaéroscope sous diverses tensions (atmosphère artificielle) |                    |               |               |                                           |                                   |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Expé-<br>riences                                                                                         | Voltage<br>utilisé | Boîte<br>sup. | Boîte<br>inf. | Boîte ensemencée<br>avec eau du<br>flacon | Total des<br>germes<br>recueillis | Pourcen-<br>tage   |
| 1                                                                                                        | 10.000             | 6.000         | 3.600         | 0                                         | 9.600                             | chiffre<br>maximum |
| 2                                                                                                        | 8.000              | 6.000         | 3.500         | 0                                         | 9.500                             | 98,8%              |
| 3                                                                                                        | 6.000              | 4.550         | 2.125         | 1                                         | 6.676                             | 71,6%              |
| 4                                                                                                        | 4.000              | 4.000         | 1.250         | 2                                         | 5.252                             | 54,7%              |
| 5                                                                                                        | 0                  | 975           | 350           | 20                                        | 1.345                             | 14%                |
| 6                                                                                                        | 10.000             | 375           | 150           | 0                                         | 525                               | chiffre<br>maximum |
| 7                                                                                                        | 8.000              | 365           | 145           | 0                                         | 510                               | 97,1%              |
| 8                                                                                                        | 6.000              | 200           | 105           | 0                                         | 305                               | 72%                |
| 9                                                                                                        | 4.000              | 150           | 65            | 1                                         | 218                               | 51,2%              |
| 10                                                                                                       | 0                  | 49            | 11            | 8                                         | 68                                | 12,9%              |



Les résultats des essais précédents nous montrent la nécessité d'expérimenter à la plus forte tension possible, quelle que soit la teneur microbienne de l'air à analyser; le nombre de germes trouvés est maximum entre 8.000 et 10.000 volts, mais accuse une nette diminution pour 6.000 volts et au-dessous.

Les expériences effectuées à l'air libre ont confirmé le tableau ci-dessus et nous ont permis d'établir la courbe suivante:



Pourcentage des germes recueillis en fonction des diverses tensions (air libre) (100 correspondant au nombre de germes recueillis sous 10.000 V). Courbe établie sur 30 expériences.

L'étude de cette courbe nous montre, qu'en pratique, le rendement de l'appareil est à peu près constant et maximum entre 8000 et 10.000 volts; l'idéal serait donc d'utiliser une tension de 10.000 volts, ce qui mettrait l'Hydroaéroscope dans les meilleures conditions de fonctionnement. Mais le degré hygrométrique de l'air est souvent assez élevé et, de ce fait, on observe, à cette tension, des phénomènes de "claquage" qui entraîne une ozonisation nuisible aux germes. Donc, en dehors d'un air sec, il ne sera pas possible de se servir d'une tension aussi élevée; il n'y aura aucun inconvénient à utiliser une tension de 8.000 volts qui conviendra dans tous les cas, jusqu'à un degré hygrométrique de 85% et qui assurera un rendement sensiblement égal.

### 3) Nécessité de la commutation de l'électrode supérieure, en fin de manipulation.

S'il n'est pas absolument nécessaire de commuter l'électrode supérieure en fin d'expérience, il est absolument indispensable de la relier à la très haute tension dès le début de la manipulation: le fait de laisser l'électrode supérieure à la masse supprimerait le champ électrostatique supérieur, puisque les deux électrodes seraient de même signe. Les résultats quantitatifs donnés par l'Hydroaéroscope seraient alors déficients.



Par contre, si l'on oublie de commuter l'électrode supérieure en fin de manipulation, quelques gernes ne se fixent pas sur les milieux de culture, mais leur pourcentage en est relativement faible (de 7 à 10% en moyenne).

| Rendement obtenu avec l'Hydroaéroscope: électrode supérieure commutée et non commutée |                                          |                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Nombre de gernes par litre                                                            | Rendement avec l'électrode sup. commutée | Rendement avec l'électrode supérieure non commutée |
| 1000 à 200                                                                            | 100                                      | 87,2%                                              |
| 100 à 50                                                                              | 100                                      | 92%                                                |
| 10 à 5                                                                                | 100                                      | 94%                                                |
| 4 à 1                                                                                 | 100                                      | 99 à 100%                                          |

Ce tableau nous montre que le pourcentage de perte semble pratiquement nul lorsque l'air est très peu pollué: le rendement de l'Hydroaéroscope reste pratiquement maximum. Mais lorsque l'air est très chargé en gernes, la perte de microbes apparaît plus sensible et le rendement descend à 87%.

En pratique, lors d'un prélèvement d'air atmosphérique, le rendement de l'Hydroaéroscope restera tout de même acceptable si l'on oublie de commuter l'électrode supérieure en fin de manipulation; en effet, l'air ambiant est relativement peu chargé en microbes et nous sommes alors placés dans les deux derniers cas expérimentaux du tableau précédent.

#### 4) Utilisation du meilleur débit.

L'aspirateur est muni d'un rhéostat à 10 positions: il permet à l'opérateur de régler soigneusement le débit d'air circulant dans l'appareil. Nous avons comparé les résultats obtenus avec l'Hydroaéroscope fonctionnant sous divers débits et sous une même tension uniforme de 8.000 volts.



Etude comparative du nombre de germes recueillis  
par l'Hydroaéroscope sous différents débits  
 (atmosphère artificielle)

| Débit/minute | Nombre de germes recueillis/litre<br>(moyenne de 10 expériences) |
|--------------|------------------------------------------------------------------|
| 0,100        | 7,3                                                              |
| 0,150        | 8                                                                |
| 0,200        | 8,6                                                              |
| 0,500        | 8,7                                                              |
| 1            | 9                                                                |
| 2            | 8,5                                                              |
| 3,8          | 10,6                                                             |
| 5            | 11,5                                                             |
| 6            | 12                                                               |
| 7            | 11,1                                                             |
| 8            | 10,8                                                             |
| 9            | 10,1                                                             |

Nous voyons que le nombre de germes croît rapidement de 0,100 à 0,500 litre/mn., puis lentement jusqu'à 3,8 litres/mn. et reste ensuite à peu près constant jusqu'à 9 litres/mn.

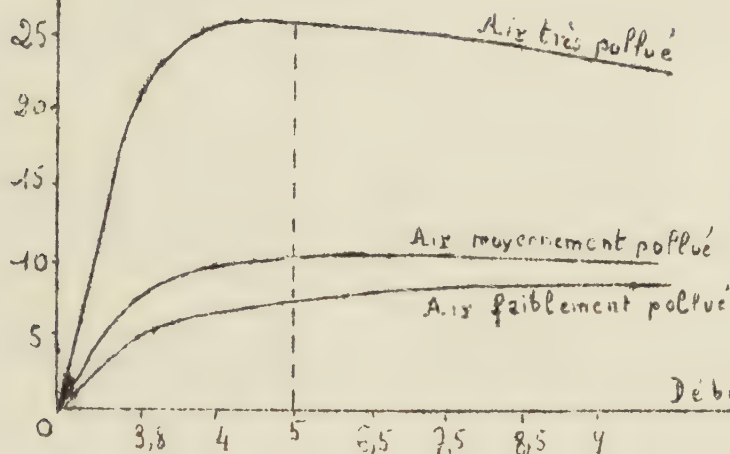
Ceci est valable pour un air faiblement pollué; mais pour un air fortement contaminé, il est préférable d'utiliser un débit faible, car il permet aux champs électrostatiques de fixer toutes les particules.

Les expériences en air libre ont, en effet, montré qu'un même débit donne des résultats différents suivant la pollution atmosphérique; pour chaque degré de contamination, il y a un débit optimum, comme le montre la courbe suivante.

.... / ....



Nb. de gerçures  
au litre



Influence du débit sur les résultats quantitatifs de l'Hydroaéroscope, pour des degrés de pollution atmosphérique différents (courbe établie sur 21 expériences).

Le graphique ci-dessus nous montre que l'on peut très aisément obtenir d'excellents résultats aux trois degrés de pollution atmosphérique en utilisant un débit moyen de 5 litres/mn. Si l'on désire des résultats rigoureusement exacts, il suffit d'augmenter ou de diminuer le débit selon les cas.

#### 5) Essais de l'Hydroaéroscope, comparativement aux divers procédés actuellement employés.

Il ne nous a pas été possible de comparer notre Hydroaéroscope aux appareils américains dont il n'existe, à notre connaissance, aucun modèle en France.

Notre étude comparative a donc essentiellement porté sur les procédés actuellement employés en France, à savoir les bourres de Miquel, les procédés par barbotage et sédimentation.

Toutes les expériences ont été faites par prélèvements simultanés d'air atmosphérique à l'aide de ces quatre procédés.

L'Hydroaéroscope fonctionnait avec un débit de 5 litres par minute, sous une tension de 8000 volts; la quantité d'air analysé était uniformément de 20 litres.

Soixante-huit expériences comparatives ont été ainsi effectuées et nous ont donné les résultats suivants:



Nombre de germes recueillis par les procédés de la bourre soluble, du barbotage et de la sédimentation, pour 100 germes recueillis avec l'Hydroaéroscope (68 expériences)

| <u>Bourre</u>                                     | <u>Barbotage</u>                                | <u>Sédimentation</u>                               |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 17 exp. 20 à 25%                                  | 32 exp. 20 à 28%                                | 6 exp. 2 à 4%                                      |
| 30 exp. 30 à 33%                                  | 24 exp. 30 à 31%                                | 25 exp. 5 à 8%                                     |
| 9 exp. 35 à 40%                                   | 12 exp. 40 à 50%                                | 17 exp. 10 à 11%                                   |
| 12 exp. 40 à 45%                                  |                                                 | 20 exp. 12 à 14%                                   |
| d'où rendement de<br>l'Hydroaéroscope:<br>2,2 à 5 | d'où rendement de<br>l'Hydroaéroscope:<br>2 à 5 | d'où rendement de<br>l'Hydroaéroscope:<br>7,9 à 50 |

Le nombre de germes recueillis par l'Hydroaéroscope est donc 2 à 5 fois supérieur à celui obtenu par les procédés de la bourre et du barbotage et jusqu'à 50 fois supérieur à celui obtenu par sédimentation.

Outre son rendement important, l'Hydroaéroscope présente un autre avantage sur les appareils actuellement employés: les techniques de prélèvement par barbotage et bourre nécessitent une série de manipulations relativement longues, tandis que notre appareil permet une prise d'air très rapide (4 minutes pour 20 litres à 5 lit./mn.). Il est donc possible d'effectuer très rapidement plusieurs essais sur différents milieux, spécifiques ou non.

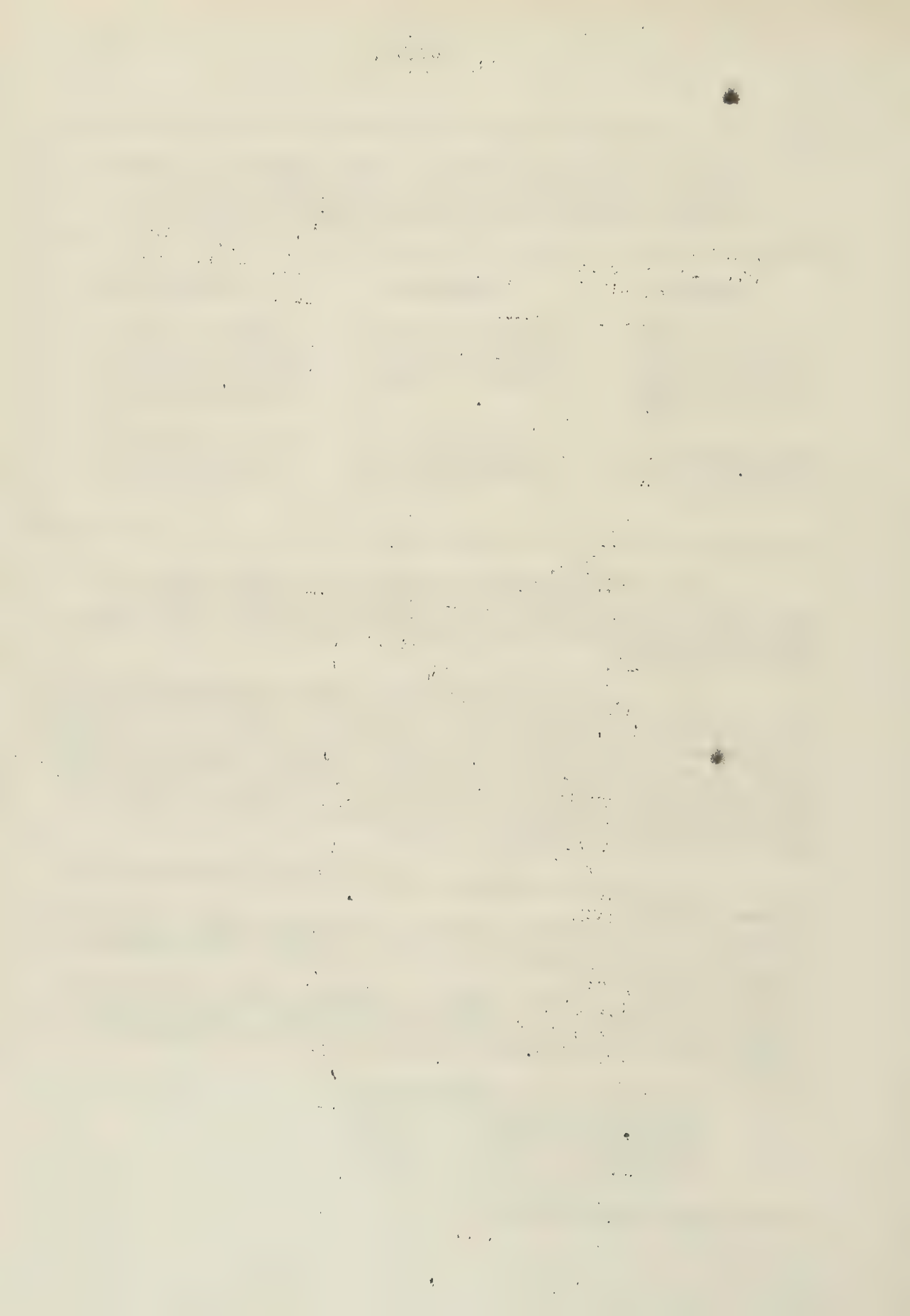
D'une manière générale, il est préférable d'utiliser les milieux suivants:

- géla-tine: les microbes de l'air s'y développent bien, mais entraînent souvent une liquéfaction du milieu qui rend ainsi impossible le comptage des colonies.

- gélose-tryptose glucosée: c'est le meilleur milieu à utiliser; il convient bien aux germes de l'air et l'on élimine ainsi le risque de liquéfaction. Il est constitué de gélose ordinaire à laquelle on ajoute:

|                   |    |           |
|-------------------|----|-----------|
| Tryptose.....     | 15 | pour 1000 |
| Extrait de viande | 3  | " 1000    |
| Extrait de levure | 3  | " 1000    |
| Glucose.....      | 1  | " 1000    |

et son pH est ajusté à 6,8-7.



Ce milieu donne des résultats nettement supérieurs à ceux obtenus avec de la gélose ordinaire.

Nous avons utilisé ces milieux lors de nos prélèvements d'air, effectués notamment à l'Institut Pasteur (Service de Mr. le Pr. Dumas), Service des Antibiotiques, Animalerie....) et à l'Inspection Générale des Services Techniques/de la Préfecture de Police (Service de Mr. le Pr. Boyer). /d'Hygiène

Ces prélèvements nous ont permis de recueillir un certain nombre de germes que nous avons identifiés. Nous allons voir maintenant quelques-uns des microbes dont la présence a été ainsi décelée dans l'air.

### III - Etude succincte de la flore bactérienne de l'air. Essai de classification.

Nous avons été surpris de l'uniformité des espèces microbiennes recueillies: en effet, nous avons toujours retrouvé les mêmes espèces de germes qui constituent, semble-t-il, une flore bactériologique saprophyte de base. Certes, les proportions des différents germes varient considérablement suivant les lieux et le moment même du prélèvement; mais, si l'air est un véhicule transportant également toutes les bactéries, certaines d'entre elles, du fait de leur espèce, de leur vitalité ou de leur résistance, sont des passagers de choix. Elles constituent ainsi une "toile de fond" sur laquelle viennent s'ajouter suivant les circonstances de nombreux autres germes.

Aussi, nous semble-t-il rationnel de classer les germes de l'air en deux catégories:

- flore bactérienne saprophyte de base;
- flore bactérienne accidentelle, comprenant elle-même des espèces saprophytes et pathogènes.

#### 1) Flore bactérienne saprophyte de base.

Lorsqu'on étudie les analyses qualitatives effectuées sur la flore bactérienne aérienne par les divers chercheurs (Miquel, Parker, Proctor, Pressmann....), on constate toujours la présence de certaines espèces. Nous n'en donnerons ici qu'un exemple: Proctor effectua de nombreuses prises d'air de Novembre 1936 à Juin 1937, à différentes altitudes (jusqu'à 16.500 pieds). L'identification permit de classer les multiples germes recueillis parmi les espèces suivantes:

..../....



| Bacillus                                                                                             | Sarcina | Micrococcus | Aspergillus                                               | Penicillium                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Subtilis<br>Cereus<br>Ruminatus<br>Aerosporus<br>Simplex<br>Albolactis<br>Megatherium<br>Frausnitzii | Lutea   | Candidus    | Fumigatus<br>Niger<br>Flavus<br>Flavosceus<br>Calyptratus | Glaucum<br>Lanatum<br>Frequentans |

Nous voyons d'après ce tableau que la variété des espèces recueillies est très limitée. Proctor n'obtint que 14% de germes n'entrant pas dans ces espèces (que nous pouvons classer dans la flore bactérienne accidentelle).

Pour notre part, nous avons obtenu les résultats suivants:

| Bacillus                                | Sarcina        | Micrococcus                                           | Aspergillus        | Penicillium |
|-----------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| Subtilis<br>Megatherium<br>Mesentericus | Flava<br>Lutea | Candidus<br>Aurantiacus<br>Rodochromus<br>Cinnabareus | Fumigatus<br>Niger | Glaucum     |

D'autre part, nous avons rencontré une fois:  
1 Mucor mucedo; 1 Saccharomyces glutinis.

## 2) Flore bactérienne accidentelle.

### a) Germes saprophytes.

Tous les germes peuvent être véhiculés par l'air et, de ce fait, entrent dans ce chapitre. Il serait donc vain d'établir une liste fastidieuse des saprophytes accidentels trouvés par les différents bactériologistes.

### b) Germes pathogènes.

Nous n'avons trouvé aucun germe pathogène au cours de nos expériences. Cependant, de nombreux auteurs se sont particulièrement



attachés à ce problème. Signalons en particulier les recherches de Hart, en 1936, de Nisbert et Brooke, sur la présence de Staphylocoque pathogène dans l'air des salles de chirurgie. Tous les auteurs pensent d'ailleurs que l'air ne joue qu'un rôle secondaire dans la dissémination de l'infection staphylococcique.

De même, le Streptocoque a été souvent recherché. Chatin, par exemple, réussit en 1893 à identifier quatre fois des Streptocoques virulents, dans une salle de l'Hôtel-Dieu de Lyon.

Gordon, en 1904, eut l'idée de rechercher dans l'air la présence de Streptocoques d'origine salivaire et fit de cet examen un test de pollution atmosphérique (au même titre que le Colibacille pour l'eau). Il isola ainsi quatre types de Streptocoques: *Str. brevis*, *medius*, *longus*, *conglomeratus*, tous inoffensifs pour la souris.

Les études sur le Streptocoque hémolytique, dans les chambres de scarlatineux, furent faites en particulier par Friedmann et Deicher qui, en 1926, recueillirent ces germes sur boîtes de Pétri. En Hongrie, à l'Hôpital Ladislas de Budapest, B. Vas isola sur gélose au sang 15 souches de *Str.* hémolytiques, alors qu'il n'en trouva aucune dans les chambres de malades indemnes de scarlatine.

Enfin, signalons que Mme S. Le Minor isola du Colibacille O<sub>111</sub>B<sub>4</sub>, dans l'air d'une salle de malades atteints de gastro-entérite infantile.

Rares sont les auteurs qui ont cherché des germes anaérobies dans l'air. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer:

Uffelmann, qui trouva le *B. butyricus* et Mirone, qui, en 1931, identifia dans l'air de Turin le *Clostridium perfringens*.

Pour terminer, nous noterons que le Bacille tuberculeux n'a été que très rarement trouvé dans l'air ambiant; cela tient peut-être, ainsi que l'a fait remarquer Pressmann, aux difficultés techniques éprouvées par les anciens expérimentateurs.



## CONCLUSIONS

L'étude des germes de l'air a retenu jadis l'attention des chercheurs à la suite des travaux célèbres de Pasteur. La difficulté du problème rebuta cependant la plupart des bactériologistes.

Mais, à la suite de la découverte des antibiotiques, ces recherches ont repris un nouvel essor.

Dans cette thèse, nous avons fait une mise au point de la question des "Transporteurs microbiens", agents de la contamination aérienne. Après avoir défini les trois supports possibles des germes dans l'atmosphère (poussières-supports, gouttolettes bactériennes et droplets nuclei), nous avons précisé leur rôle en épidémiologie.

En raison de l'insuffisance des procédés d'analyses, restés en France ce qu'ils étaient il y a 50 ans, nous avons mis au point un appareil nouveau, basé sur des principes électrostatiques, qui a l'avantage de mettre en évidence un plus grand nombre de germes, de bien les répartir sur les milieux de culture et d'assurer, en outre, toutes les garanties que peut exiger un bactériologiste: le contrôle quantitatif et la stérilisation notamment.

Enfin, notre appareil, dénommé Hydroaéroscope, permet non seulement une étude plus approfondie de la pollution atmosphérique car il recueille les poussières en vue des analyses chimiques, mais il rend aisées les analyses bactériologiques de l'eau (filtration sur membrane).

L'expérimentation, pratiquée à l'Institut Pasteur et à l'Inspection générale des Services Techniques d'Hygiène de la Préfecture de Police, a montré la nette supériorité de l'Hydroaéroscope sur les anciens appareils, son rendement étant de 2,2 à 50 fois supérieur.

Après identification des germes recueillis, nous avons été surpris du faible nombre d'espèces microbiennes rencontrées. Comparant nos résultats à ceux obtenus par d'autres auteurs, il nous semble possible de délimiter grossièrement, dans l'air, une flore microbienne saprophyte de base à laquelle vient s'ajouter une flore accidentelle faite d'éléments saprophytes ou pathogènes.

L'Hydroaéroscope va permettre d'étudier plus complètement la flore bactérienne de l'air et d'expérimenter sur le rôle éventuel de certains saprophytes dans la transmission des maladies contagieuses.

Vu, Le Doyon,

Vu, le Président de thèse,

L. BINET

C. JOANNON

Vu et permis d'imprimer:  
Le Recteur de l'Académie de Paris,

J. SARRAILH

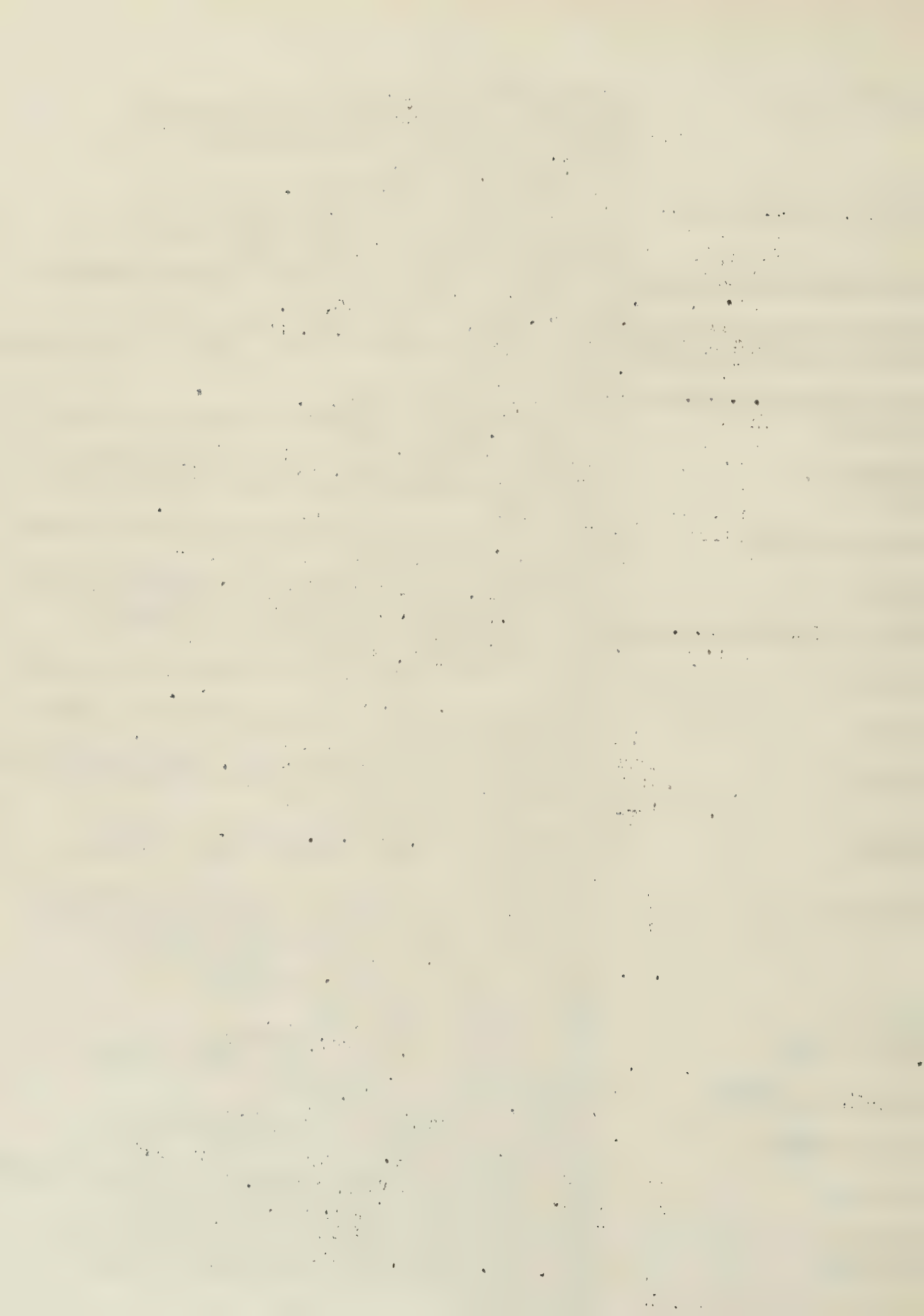


# BIBLIOGRAPHIE

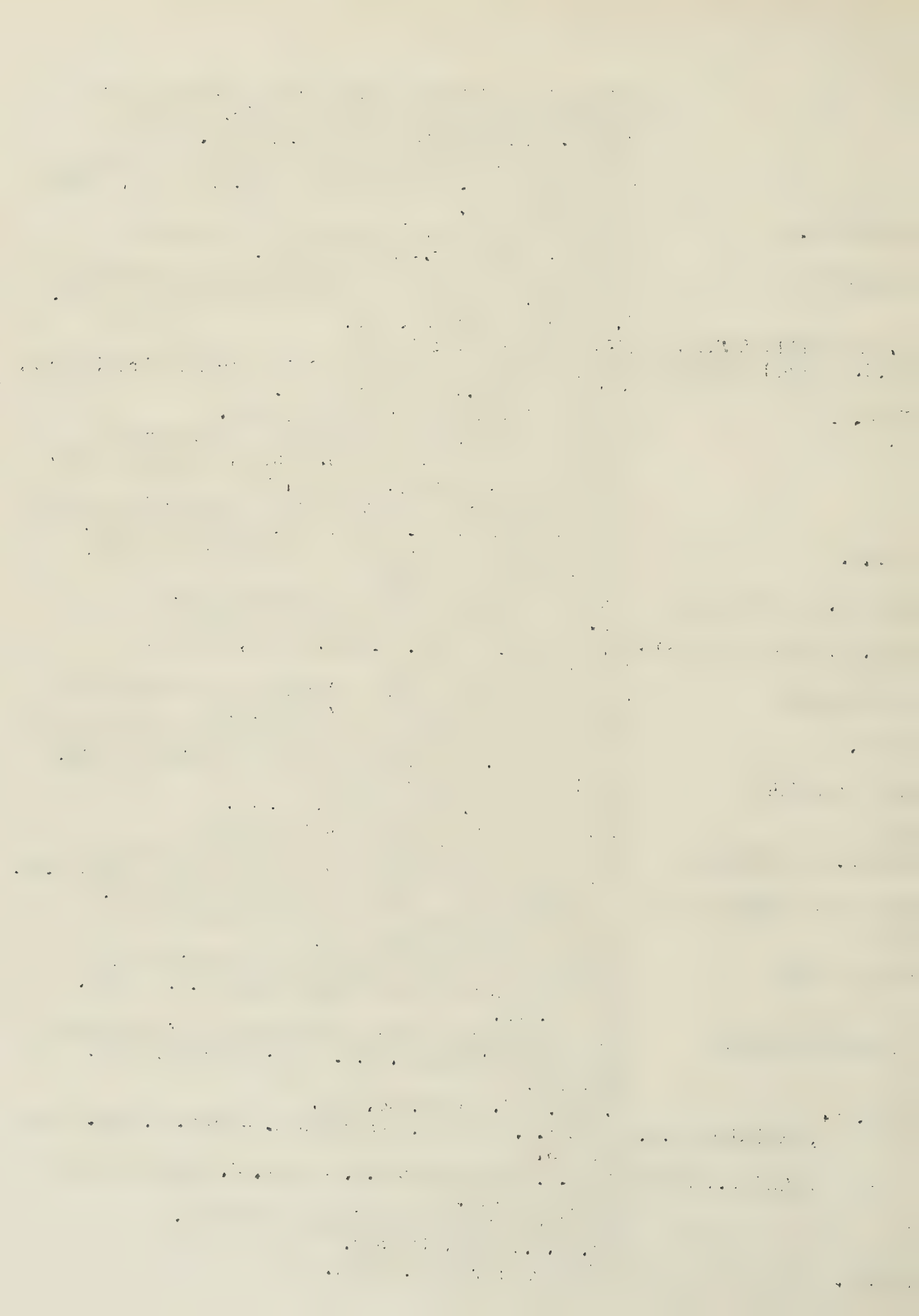
- ALVAREZ, J. CADRECHA et E.M. QUINTERO FOSSAS - Revue méd. et chir.  
Maderra, 1939, 41, 411.
- ANDERSON (P.H.R.), BUCHANON J.A. and MAC PORTLAND - Brit. med. J., 1944, I, 616.
- ANDREWES F.W. Examination of the atmosphere of the Central London Railway. Report n°615 to the Parliamentary Committee, London Country Council "On the bacteria flora of London air".  
Trans. of Path. Soc., 1902-1903, 54, 43.  
Lancet, 1940, 2, 770.
- ANDREWES C.H. and all. Lancet, 1949, 1, 1023.
- BAKER A.H. L'Hygiène du bâtiment par l'ultra-violet, Paris 1949.
- BARRUCAND P.A. Chemische mikroskopische und bakteriologische Untersuchungen über den Hagel.
- BELLI C.M. Hyg. Rund., 1901, XI, 1181.
- BELIERES Recherche des germes tenus en suspension dans l'air de la Chambre des Députés. Paris, 1903.
- BIGG E. and MELLODY M. J. infect. Dis., 1946, 79, 45.
- BINOT J. Etudes bactériologiques du Mont Blanc. C.R. Acad. Sciences, 1902, 134, 673.
- BOURDILLON R.B. Med. Res. Coun., Spec. report n°262, 1948, 311.
- " " and COLEBROOCK I. - Lancet, 1946, I, 256 et 601.
- " " and LIDWELL O.M. - Lancet, 1940, 2, 365.
- " " , LIDWELL O.M. and LOVELOCK J.E. - Brit. med. J., 1942, I, 42.
- " " , " " " " - Med. Res. Coun., Spec. Report n°262, 1948, 224.
- " " , LIDWELL O.M., LOVELOCK J.E. and RAYMOND W.F. - Med. Res. Coun., Report n°262, 1948, 190 et 233.
- BROQUIN-LACOMBE Contribution à l'étude microscopique de l'air, de l'eau, du sol (ville de Troyes). Revue d'Hygiène, 1913, 1, 615.
- BROWN W.A. et ALLISON V.D. Infection of the air of scarlet fever wards with Streptococcus pyogenes. J. of Hyg., 1937, 37, 1.
- BUCHBINDER L., SOLOVEY et SOLOTOREWSKY - A note on the hemolytic Streptococci of air. Proc. Soc. exper. Biol. and Med., 1938, 38, 570.
- BUJWID O. Die Bakterien in Hagelkörnern. Centralbl. f. Bakt., 1888, III, 1.
- BUSQUET P. Du rôle des embruns dans la transmission des maladies infectieuses. Ann. d'Hyg., 4ème série, tome II, Septembre 1904, p.228.
- BUXTON J.B. and ALLEN H.R. Air carriage of pathogenic and other organisms. J. of Hyg., 1921, 1922, 20, 173.
- CALVEL L. Sur l'entraînement des germes microbiens dans l'atmosphère par pulvérisation d'eau pollué. C.R. Acad. Sciences, 1914, 158, 896.
- CARNELEY T. and HALDANE J.S. The air of Sewers. Proceed. of the R. Soc. of London, 1887, 42, p.257, 394, 501.



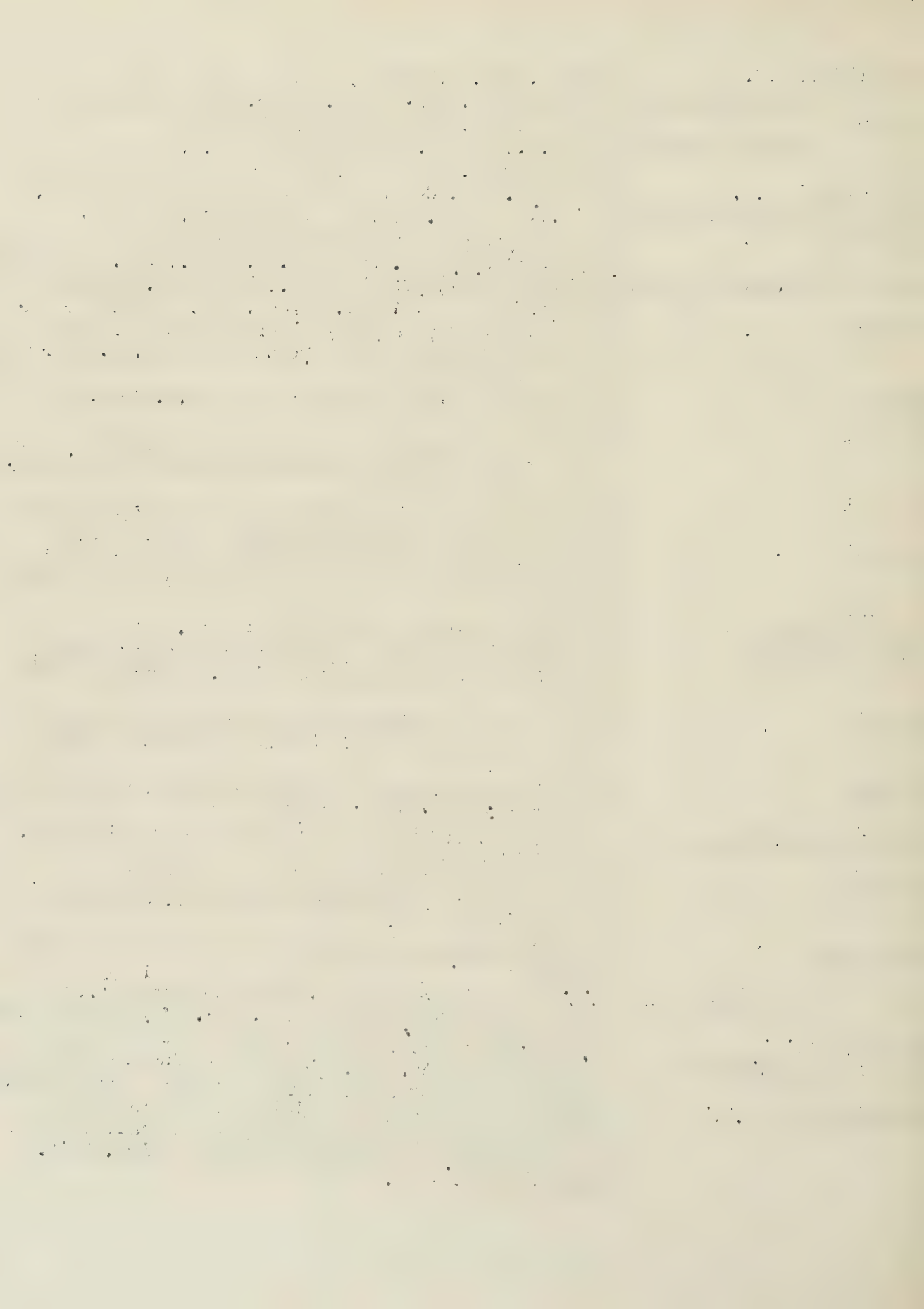
- CHALLINOR S.W.  
CHATIN J. Hyg., 1943, 43, 16.  
Contribution expérimentale à la recherche des  
Streptocoques dans l'air atmosphérique. Thèse  
Médecine, Lyon, 1893.
- CHECACCI L. Ann. Igieno, 1947, 57, 145.
- CHOPE H.D. et SMILE W.S. J. of Ind., Hyg., and Toxic., 1936, 18, 780.
- COHN Untersuchungen über Bakterien. Cohns Beiträge zur  
Biologie der Pflanzen, 1875, 1, 141.
- COMMITTEE ON ACUTE RESPIRATORY DISEASES AND THE COMMISSION ON AIR-BORNE INFECTION  
Amer. f. Hyg., 1946, 43, 120.
- COMMITTEE OF RESEARCH AND STANDARDS - Amer. J. pbl. Health, 1950, 40, 82.
- COMMITTEE ON SANITARY ENGINEERING NATIONAL RESEARCH COUNCIL - Amer. J. pbl. Health.  
1947, 37, 189.
- COUNCIL OF PHYSICAL THERAPY J.A.M.A., 1945, 129, 1166.
- CRUICKSHANK The bacteriological infection of burns. J. of Path.  
and bact., 1935, 41, 367.
- CUNNINGHAM D. Microscopic examinations of air. Calcutta, 1872.
- De BLASI Ricerche igieniche in alcune manufacture di tabachi.  
Roma, 1908.
- DEVENISH et MILES Control of Staphylococcus aureus in operating theater.  
Lancet, 1939, 237, 1088.
- DUBARD P. Les bactéries atmosphériques et la contagion aérienne  
des maladies infectieuses. Thèse Médecine, 1908.
- DU BUY H.G., DUNN J.E., BRACKETT F.S., DREESSEN W.C., NEAL P.A. and POSNER I.  
Amer. of Hyg., 1948, 48, 207.
- DUCLAUX E. Traité de Bactériologie, tome I. Masson, Paris, 1898,  
p.406.
- DUMAS J. Bactériologie médicale - Ed. réd. Flammarion, Paris.
- " Communications orales.
- EAGLETON The bacterial content of the air in army sleeping huts,  
with special reference to the meningococcus. J. of  
Hyg., 1919-1920, 18, 264.
- EISENBERG Mycobacterium tuberculosis in the air and dust  
detection by a simple technic. Amer. J. of Hyg.,  
1937, 26, 138.
- EKELOFF E. Studien über Bakteriengehalt der Luft der Erdbodens  
der antarktischen Gegenden, ausgeführt während der  
Schwedischen Südpolar Expedition, 1901-1904.  
Zeitsch. f. Hyg. und Infekt., 1907, 56, 334.
- FAURE J.L. Grippe et chirurgie. P.M., 1919, 405.
- FENAU J.M.L. Thèse Médecine Paris, 1949.
- FRANKLAND P.F. The distribution of microorganisms in air.  
Proc. Roy. Soc. 1886, 41, 446. - 1887, 42, 267.
- FRIEDMANN et DEICHER Die Übertragung der Scharlachs.  
Deutsche Med. Woch., 1926, p.2-147.
- FROIS et SARTORY Ann. d'Hyg., Publique et de Médecine légale,  
1911, 15, 384 et 529.
- GIACOSA L. Les corpuscules organisés de l'air des hautes atmosphères.  
Arch. ital. de Biologie, 1883, tome 3.  
Rev. Corps Santé Militaire, 1948, 4, 229.
- GIRARD P. Exame bacteriologico dell' aria sul Mediterraneo  
e sul Mon. Rosso. Ann. di Med. navale a colone,  
1939, 45, 520.
- GIUDICE A.



- GORDON Report on a bacterial test whereby particles sked from the skin may be detected in air. The local govern. Board, 1904-1905, 33th. report.
- " Report on a bacterial test for estimating pollution of air. The loc. govern. Board of G.B., 32 th. report, 1904, p.421-471.
- RAHAM-SMITH D.S. The micro-organisms in the air of the House of Commons. J. of Hyg., 1903, 3, 498.
- RAHAM-FORBES J. The atmosphere of the underground electric railways of London. A study of its bacterial content in 1920. J. of Hyg., 1924, 22, 123.
- RUN L. und SCHULTIS K. Zbl. Bakt. 1949, 154, 375.
- UYON R.I. et Melle GROOTTEN Analyse bactériologique de l'air chargé de brouillards. C.R. Soc. Biol., 1931, 106, 601.
- ALDANE J.S. The air of building and Sowers, 1887.
- ARE R. Sources of hemolytic Streptococcal infections of wound in war and civil life. Lancet, 1940, 238, 109.
- ART J. of thorac. Surgery, 1936, p.45.
- ESSE Bakteriologischen Untersuchungen auf einer Fahrt nach Island. Zustrasse f. Bakt., Abt.1, 1914, 72, 454.
- OBSON F.G. Dissemination of infection in School dormitories. Lancet, 1939, 237, 823.
- UDDLESON F. and HULL T.G. Bacteria of the air in an amusement hall. Ann. J. of Public Health, 1929, 10, 583.
- ARRET E.T., ZELLE M.R. and HOLLAEENDER A. - Amer. J. Hyg., 1948, 48, 233.
- UDE Communications orales.
- UDE et FLORENTIN Rapport au 30ème Congrès d'Hygiène: Lutte contre la pollution microbienne de l'atmosphère.
- LAERGER V.H. Der Keimgehalt der Luft in Fleischkühlräumen geverblieben getriebe. Die Fleischwirtschaft, 1942, 22; 143.
- ANEMAKI et WAICHI Studien über Luftotroptokokken. Mitt. mod. Ges. Chiba, 1939, 17, 51.
- LIENE F.I.A.T. - Rev. of German Science, 1948.
- MALESQUE F. et RIVIERE P. Analyse bactériologique de la plage et de la forêt d'Arcachon. Bull. Station Zool. d'Arcachon, 1895, p.41.
- LANGMUIR A.D., JARRET E.T. and HOLLAEENDER A. - Amer. J. Hyg., 1948, 48, 240.
- LAVERAN A. De la contagion dans les salles d'hôpital. La médecine moderne, 1890, 221.
- LE NOIR et CAMUS Recherche du Bacille tuberculeux dans l'air des salles occupées par les tuberculeux. C.R.S. Biol., 1907, p.291.
- LESNE, DEBRE et SIMON Sur la présence de gernes virulents de l'atmosphère des salles d'hôpital. C.R. Acad. Sciences, 1910, 150, 100.
- LESTER W.Jr. J. exp. Med., 1948, 88, 361.
- " " , ROBERTSON O.H., PUCK T.T., WISE H. and SMITH M. - Amer. J. Hyg. 1949, 50, 175.
- " " , KAYE S., ROBERTSON O.H. and DUNKLIN E.W. - Amer. J. Public Health, 1950, 40, 8-13.
- LEVIN Les microbes dans les Régions Arctiques. Ann. I.P., 1899, 13, 558.
- LE MINOR S. Thèse de Pharmacie, Paris.



- EDWELL O.M. J. Hyg., 1946, 44, 333.
- " " and LOVELOCK J.E. - Med. res. Council, spec. report n°262, 1948, 68.
- MOSLI C.G. Amer. J. Pbl. Health, 1947, 37, 353.
- " " , WISE H., LEMON H.M., PUCK T.T. and ROBERTSON O.H. Amer. J. Hyg. 1946, 43, 105.
- LOVELOCK J.E. Med. Res. Council, Spec. report n°262, 1948, 89.
- ATHER J.M. and MAC CLURE (A.D.) - Cand. pbl. Health J., 1945, 36, 181.
- CHUSTIN E. Zur Untersuchung der Mikroflora der höheren Luftschichten. Zustrass. f. Bakt., Abt.2, 1926, 67, 347.
- LLER W.R., JARRET E.T., WILLMON T.L., HOLLAENDER A., BROWN E.V., LEWANDOWSKI T. and STONE R.S. - J. infect. Dis., 1948, 82, 86.
- NERVIWI R. Einige Untersuchungen über Luft und Wasser inmitten der Nordatlantischen Ocean - Zeitsch. f. Hyg. und Infekt., 1900, 35, 165.
- QUEL P. Des bactéries atmosphériques - C.R. Acad. Sciences, 1880, 94, 64.
- " " De la durée d'incubation des micro-organismes de l'air et des eaux de la gélatine nutritive. Ann. Micrographie, 1894, 6, 111.
- " " Sur un procédé simple applicable à l'analyse bactériologique de l'air. Ann. Micrographie, 1895, 7, 103.
- FRONE G. Osservazioni sul contenuto microbico dell'aria della Strada di Torino. - Bull. Ist. Sicroster Milanese, 1931, 10, 29.
- REAU et MIQUEL La Semaine Médicale, 6 Mars 1884.
- SBERT et BROOKE Incidence of air borne bacteria in the major Surgery of Multhnomah County Hospital. Surgery St-Louis, 1938, 4, 755.
- ASTEUR L. Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Ann. de Chimie et Physique, 1862, 44, 5.
- AWLOWSKY Über das Vorhandensein der Pneumokokken in der Luft. Berl. Klin. Woch. 1885, 22, 345.
- INCUS J. et STERN A.C. A study of air pollution in New-York city. Ann. J. of Public Health, 1937, 27, 321.
- RESSMAN R. The isolation of pathogenic bacteria from air; A discutation of bacteriology. Amer. Rev. of Tuberc., 1937, 35, 815.
- ROCTOR R.E. The Microbiology of the upper air. J. of Bact., 1935, 30, 363.
- " " et PARKER B.W. Microbiology of upper air; improved apparatus and Technic for investigation. - J. of Bact., 1938, 36, 175.
- UCK T.T. J. exp. Med., 1947, 85, 729 et 741.
- BITANO V. et MORSELLI G. Recherche sui germi del aria marina a diversa distanza della costa. Ann. di Med. navale a colone, 1938, 14, 530.
- ROBERTSON J.D. Abstract of presidential adress on a study of the microorganismes in air, especially those in sewer air, and a new method of demonstrating them. Brit. Med. J. 1888, p. 1330.



- BURY T. Peace or pestilence, Whittlesey House, New-York 1949.  
 " " and KABAT E.A. J. Immunol. 1947, 56, 7.  
 " " , MEIKLEJOHN G., KINGSLAND L.C. and BOLDT M.H.-J. exp. Med. 1947, 85, 65.  
 INTHAL Uber einen in der Luft gefundenen Diplokokkus.  
 Centralbl. f. Bakt., 1899, 25, 1.  
 NOW E.C. Isolation from the air of Streptococci and strepto-  
 coccid antigens assembling those associated with  
 certain epidemic diseases: 40th gl. Meet of Amer.  
 Bact. in I. of Bact. 1940, 39, 73.  
 HLE C.L.A. Methods for bacteriological analyses of air - J. of  
 Agric. Res. 1915, 4, 343.  
 FELICE Ann. del Ist. Ig., 1893, 3, 399.  
 TORY A. et FILASSIER A. De l'influence nocive des ventilateurs dans l'aération  
 des locaux collectifs - C.R. Soc. Biologie 1909, 66, 93.  
 TORY et LANGLOIS Poussières et microbes de l'air - Privat édit. 1912.  
 WARTZ W. et LOESSER E. Bakterienweidestum und Verdunstung auf Kühlfleische  
 in ruhender und bewegter Luft.  
 Zeitsch. f. Bakt., Abt.2, 1935, 91, 395.  
 ALE M. Sul contenuto in germi dell'atmosfera dell'Atlantica  
 du Sud. Bull. R. Acad. Med. di Genova, 1908, 23, 50.  
 BER G.A. The air of the New-York Subway price to 1906.  
 To chemical Quart., 1907, 20, 58.  
 BER G.A. The air and ventilation of Subways - New-York 1908.  
 BER G.A. Comparison between bacteriological analyses of air by  
 stuffate method and by filter - J. of Infect. Dis.,  
 Mai 1907, suppl. 3, p.82-84.  
 AKMANN, HENRY, CURRAN and CRISTOPHER - Spores in the upper air - J. agric. Research.  
 1923, 24, 599.  
 BB W.S. The chemical and bacteriological condition of the  
 air of the City and South Railway - London, 1905.  
 FELMANN Berl. Klin. Woch., 1887.  
 FELMANN Luftuntersuchungen - J. Hyg. 1888, 8, 263.  
 LMANN E. Die Fundorte der Staphylokokken - Zeitsch. f. Hyg.  
 1888, 4, 55.  
 AS B. Uber das Vorkommen von Scharlachstreptokokken in der  
 Luft - Centralbl. f. Bakt., 1926, 98, 159.  
 ELU H., LEPIGRE R. et BELLOCQ B. - Bull. Acad. Médecine, 1942, 126, 62.  
 ELU H. et GUILLOT G. Les aérosols microbiens et l'infection aérogène.  
 Acad. Médecine, Prix Martin, 1944.  
 OGL Bakterien in Hagel - Münch. Med. Woch., 1938, 85, 1790.  
 ELLS W.F. Amer. J. Pbl. Health., 1933, 23, 58.  
 ELLS W.F. Amer. J. Hyg., 1934, 20, 64.  
 ELLS W.F. Arch. Phys. Ther., 1942, 23, 143.  
 ELLS W.F. and BROWN H.W. Amer. J. Hyg., 1936, 24, 407.  
 ELLS W.F. and HENLE W. Proc. Soc. exp. Biol. Med., 1941, 48, 298.  
 ELLS W.F. and RILEY E.C. An investigation of the bacterial contamination of  
 the air of textile mills with special references to  
 the influence of artificial humidification -  
 J. of Ind. Hyg. a Text., 1937, 19, 513.  
 ELLS W.F., WINSLOW C.E.A. and ROBERTSON E.C. - Amer. J. Pbl. Health. 1946, 36, 324.



LS W.F. and RILEY E.C.  
LS, PHELPS and WINSLOW

J. of Ind. Hyg. and Text., 1937, 19, 1933.  
4 Report of Sub. Committee on bacteriological procedures in air analyses to the Comm. on atmospheric pollution - Year book, 1938-1939, p.69.

LS W.F., WELLS M.W. and MUDD (Stuart) - Infections of air - Bacteriologic and epidemiologic factors - Annex. J. of Publ. Health. 1939, 29, 863.

LS N.H.  
The Brit. Med. J., 1939, 2, 1086.

TE E.  
On the possible transmission of hemolytic streptococci by dust. - Lancet, 1936, 230, 941.

LIAMS  
Streptococci in relation to man. London.

LMON T.L., HOLLAENDER A. and LANGMUIR A.D. - Amer. J. Hyg., 1948, 48, 229.

SON G.S. and MILES A.A.  
Topley and Wilson's principles of Bacteriology and Immunity - London, 1946.

SLOW C.E.A.  
The sanitary significance of bacteria in the air of drains and sewers. Report of the San. Committee to the nat. association of the master plumbers of the U.S.A. for 1907, 1908, 1909.

E H., PUCK T.T. and STRAL H.M. - J. Biol. Chim., 1943, 150, 61.

LFEL T.H.  
Weber die Wirkbarkeit neuerer Luftbefeuchter auf den Feuchtigkeits und Keimgehalt der Zimmerluft - Zeitsch. f. Hyg. und Infekt., 1937, 119, 667.

IGHT G., CRUICKSHANK R. and GUNN W. - Brit. med. J., 1944, I, 611.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

WASHINGTON, D. C.

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

THE BUREAU OF PLANT INDUSTRY

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE

Report of the Director of the Bureau of Plant Industry  
for the year ending June 30, 1911.

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE



